

BOSQUES

Volumen 9. No 1 2019

Latitud Cero

ISSN 2528-7818

ISSN 1390-3683

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

Caracterización morfológica y molecular del agente causal de la antracnosis en tomate de árbol en Azuay y Loja

Importancia hídrica de los bosques de la cordillera Chongón-Colonche para las tierras áridas del noroeste de Santa Elena



Con la participación de:



AUTORIDADES

Nikolay Aguirre Ph.D

Rector

Universidad Nacional de Loja

Mónica Pozo Ph.D

Vicerrectora

Universidad Nacional de Loja

COMITÉ EDITORIAL

Zhofre Aguirre Ph.D.

Director General

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

Vinicio Alvarado Jaramillo Mg.Sc.

Editor Responsable

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

Johanna Muñoz Mg.Sc.

Editor de Sección

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

CONSEJO EDITORIAL

PhD Jan Barkmann Georg-August

Universitat Gottingen, 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

MSc. Juan Maita Chamba

Universidad Nacional de Loja

MSc. Oswaldo Jadán Maza

Universidad de Cuenca

**Editorial: Universidad
Nacional de Loja**

PAGINA ELECTRONICA

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

EDITORIAL

La aplicación de estrategias y mecanismos para el manejo y conservación de los recursos naturales en la actualidad no son una elección, sino una obligación. Desde el inicio de la civilización humana, la madera ha sido uno de los principales recursos naturales utilizados y, en la actualidad su demanda ha superado los límites y tiempo que un bosque nativo tarda en recuperarse. En el Ecuador, más de 90 000 ha/año han sido deforestadas desde el 2014 (MAE, 2016). Especies forestales con maderas de alta calidad para estructuras y trabajabilidad son explotadas sin control llegando al borde de la extinción, y los programas de reforestación de estas especies han fracasado por falta de incentivos, y sobre todo por falta de conocimientos en el tema de adaptabilidad y manejo silvicultural.

En este contexto, las universidades juegan un rol fundamental para generar nuevos conocimientos, métodos y estrategias claras de conservación de los recursos forestales del país. Sin embargo, para dar sentido, generar acciones y aplicar estos nuevos conocimientos, es fundamental la existencia de un vínculo entre la academia y la sociedad, rol principal que cumple muy acertadamente la revista Bosques Latitud Cero. Como dijo Baba Dioum (1968) “*Al final, conservaremos sólo lo que amamos; amaremos sólo lo que entendemos; y entenderemos sólo lo que conocemos*”.

El estudio de las maderas no sólo genera nuevos conocimientos, sino que contribuye a la optimización y uso racional de este recurso. Por ello, la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja y el Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales en los dos últimos años ha trabajado arduamente en generar una base de datos con 100 especies maderables de distintos ecosistemas de la región sur de Ecuador. Análisis detallados con más de 100 características de las propiedades físicas, químicas, organolépticas, macro y microscópicas de la madera han permitido establecer las diferencias entre individuos de una misma especie creciendo en sitios distantes, así como las diferencias entre raíces, tronco y ramas en un mismo individuo.

Con esta información y desde el punto de vista técnico ahora es posible buscar especies alternativas con características similares a las maderas de especies con alto valor comercial y, descubrir por ejemplo nuevos potenciales en especies que han sido más conocidas por su uso medicinal. Estas diferencias son útiles además para determinar la adaptabilidad de una especie en ecosistemas y condiciones climáticas distintas. De esta manera se puede potencializar el uso de nuevas especies y bajar la presión a especies conocidas tradicionalmente por su calidad de madera. Por ello, se invita a nuevos investigadores, técnicos, estudiantes y actores vinculados al ámbito forestal hacer uso de esta nueva información y a contribuir en la generación del conocimiento para aliviar la presión a los bosques nativos ecuatorianos y lograr el anhelado manejo sostenible de una manera técnica y científica.

Darwin Pucha-Cofrep

ÍNDICE

Caracterización morfológica y molecular del agente causal de la antracnosis en tomate de árbol en Azuay y Loja. Castro-Quezada Patricio, Bravo-Zúñiga Catalina, Cabrera-Cabrera Aníbal, Quillay-Curay Norma, Ramón-Montoya María, Belesaca-Morocho Iván, Diaz-Granda Lourdes.	1
Importancia hídrica de los bosques de la cordillera Chongón-Colonche para las tierras áridas del noroeste de Santa Elena Ayerza Ricardo.	16
Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de <i>Ilex guayusa</i> Loes. Montaño Jessenia, Rosillo Edith, Zhiñin Hector, Pucha-Cofrep Darwin	31
Productos forestales no maderables en cinco comunidades de la parroquia Manú, Saraguro, provincia de Loja. Pineda Armijos Claudia, Jumbo Nohemí, Fernández Paulina, Jaramillo Nélon	46
Balance hormonal para la fase de brotación y enraizamiento <i>in vitro</i> de explantes de <i>Cinchona Officinalis</i> L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja Eras-Guamán Víctor, Moreno José, Yaguana Magaly, Poma Ruth, Paredes Daniela	58
Impacto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo <i>Arachis hypogaea</i> L. en Orianga, provincia de Loja, Ecuador Mora Romney, Rodríguez Diego, Ramírez Jhinson, Calderón Jimmy, Salinas Tania, Michay Gloria, Zaruma Rosario, Espinoza Patricio	69
Productos forestales no maderables (PFNM) de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola, Loja, Ecuador Carrión Juan Carlos. Hurtado Stefania, Ulloa Lizbeth, Herrera Clemencia	83
Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de <i>Cinchona officinalis</i> (L.) Ruiz y <i>Cinchona macrocalyx</i> Pav. ex DC en relictos boscosos al sur de Ecuador. Feijoó César, Espinoza Francis , Hidalgo Fanny, Ramón Danny, Jumbo Jorge , Moreno José , Yaguana Magaly, Eras-Guamán Víctor , Pucha-Cofrep Darwin	94
Caracterización química de cinco especies forestales en el sur de Ecuador. Aguinsaca Fanny, Rey Yessica , Jaramillo Allison, Luzón Carlos, Jumbo Nohemí, Fernández Paulina, González Julia, Pucha-Cofrep Darwin	110

INDEX

Morphological and molecular characterization of the causal agent of anthracnose in tree tomato in Azuay and Loja Castro-Quezada Patricio, Bravo-Zúñiga Catalina, Cabrera-Cabrera Aníbal, Quillay-Curay Norma, Ramón-Montoya María, Belesaca-Morocho Iván, Diaz-Granda Lourdes.	1
Hydrological Importance of the Forests of the Chongón-Colonche Mountain Range for the Arid Lands of Northwestern Santa Elena Ayerza Ricardo.	16
Anatomical features and physical properties in the wood of <i>Ilex guayusa</i> Loes Montaño Jessenia, Rosillo Edith, Zhiñin Hector, Pucha-Cofrep Darwin	31
Non-timber forest products in five communities of the Manú parish, Saraguro, province of Loja. Pineda Armijos Claudia, Jumbo Nohemí, Fernández Paulina , Jaramillo Nélon	46
Hormone balance for the phase of sprouting and rooting <i>in vitro</i> explants of <i>Cinchona officinalis</i> L., from of wooded relicts province of Loja Eras-Guamán Victor, Moreno José, Yaguana Magaly, Poma Ruth, Paredes Daniela	58
Impact of organic fertilization on crop yield <i>Arachis hypogaea</i> L. in Orianga, province of Loja, Ecuador Mora Romney, Rodríguez Diego, Ramírez Jhinson, Calderón Jimmy, Salinas Tania, Michay Gloria, Zaruma Rosario, Espinoza Patricio	69
Non-timber forest products (NTFPs) from the Yacuri National Park buffer zone, Espíndola, Loja, Ecuador Carión Juan Carlos. Hurtado Stefanía, Ulloa Lizbeth , Herrera Clemencia	83
Physical properties and anatomical features of the wood of <i>Cinchona officinalis</i> (L.) Ruiz and <i>Cinchona macrocalyx</i> Pav. ex DC from forest relicts in southern Ecuador Feijoó César, Espinoza Francis , Hidalgo Fanny, Ramón Danny, Jumbo Jorge , Moreno José , Yaguana Magaly, Eras-Guamán Víctor , Pucha-Cofrep Darwin	94
Chemical characterization of five tree species from southern Ecuador. Aguinsaca Fanny, Rey Yessica , Jaramillo Allison, Luzón Carlos, Jumbo Nohemí, Fernández Paulina, González Julia, Pucha-Cofrep Darwin	110

Caracterización morfológica y molecular del agente causal de la antracnosis en tomate de árbol en Azuay y Loja

Morphological and molecular characterization of the causal agent of anthracnose in tree tomato in Azuay and Loja

Castro-Quezada Patricio^{1*}
Bravo-Zúñiga Catalina^{2*}
Cabrera-Cabrera Aníbal¹
Quillay-Curay Norma²
Ramón-Montoya María¹
Belesaca-Morocho Iván¹
Díaz-Granda Lourdes¹

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

² Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental del Austro. Laboratorio de Protección Vegetal, km 12 1/2 Vía a El Descanso - Gualaceo sector Bullcay, Provincia Azuay, Cantón Gualaceo, Ecuador

*Autor para correspondencia: patricio.castro@ucuenca.edu.ec

Recibido: 26/02/2019

Aprobado: 14/05/2019

RESUMEN

La antracnosis es una enfermedad fúngica que causa graves pérdidas en el cultivo de tomate de árbol en el Ecuador. La enfermedad causa graves daño en los frutos y su control se basa principalmente en la utilización de productos químicos. A nivel del Ecuador se ha reportado como causantes de la antracnosis a los géneros *Colletotrichum acutatum* y *Colletotrichum gloeosporioides* en base a características morfológicas. En el presente estudio se realizó la caracterización morfológica y molecular de 16 aislados de *Colletotrichum* spp. de tomate de árbol, en seis localidades diferentes en las provincias de Azuay y Loja. La caracterización morfológica se la hizo para variables tales como color de la colonia y forma del conidio, mientras que la caracterización molecular se realizó mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). La PCR se realizó con primers específicos reportados para *C. acutatum* y *C. gloeosporioides*, diseñados en el espaciador de transcripción interna (ITS). En base a la caracterización morfológica y molecular se determinó que el agente causal de la antracnosis para las provincias de Azuay y Loja es el complejo de *C. acutatum*, representado por *C. tamarilloi*. Los aislados presentaron las características propias de la especie y los análisis moleculares permitieron confirmar este resultado, generando amplificaciones de pesos moleculares de aproximadamente 500 pb, mientras que con los primers específicos de *C. gloeosporioides* no se obtuvo ninguna amplificación. Esta caracterización molecular confirma los resultados que ubican al complejo de *C. acutatum* como agente causal de la antracnosis en el Austro del Ecuador.

Palabras clave: Internal transcribed spacer, ojo de pollo, caracterización molecular, caracterización morfológica.

ABSTRACT

Anthrachnose is a fungal disease that causes serious losses in tree tomatoes in Ecuador. This disease causes serious damage to fruits and its control is based mainly on use of chemical products. In Ecuador, the genera *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides* have been reported to be the causal agent of anthracnose, based on morphological characteristics. In this study, the morphological and molecular characterization of 16 isolates of *Colletotrichum* spp. of tree tomato, in six different localities in the provinces of Azuay and Loja. Morphological characterization was carried out for variables such as colony color and conidium shape, while molecular characterization was performed by polymerase chain reaction (PCR). PCR experiments was carried out with specific primers reported for *C. acutatum* and *C. gloeosporioides*, designed in the internal transcription spacer (ITS). Based on morphological and molecular characterization, it was determined that the causative agent of anthracnose for the provinces of Azuay and Loja is the *C. acutatum* complex, represented by *C. tamarilloi*. Isolates presented characteristics of this species and molecular analysis allowed to confirm this result, generating amplifications of molecular weights of approximately 500 bp, while with the specific primers of *C. gloeosporioides* no amplification was obtained. This molecular characterization confirms results that place the *C. acutatum* complex as the causative agent of anthracnose in the Southern region of Ecuador.

Keywords: Internal transcribed spacer, chicken eye, tree tomato, molecular characterization, morphological characterization.

INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol, *Solanum betaceum* Cav., es una fruta andina con amplias perspectivas de desarrollo y cuya caracterización morfológica y molecular ha situado a Ecuador como uno de los centros de diversidad. El cultivo tiene un gran potencial para su comercialización por sus excelentes características organolépticas (Acosta-Quezada *et al.*, 2011). Sin embargo, entre los numerosos problemas fitosanitarios del cultivo tenemos la antracnosis de los frutos causado por el hongo *Colletotrichum* spp, el cual está ampliamente distribuida en las zonas productoras de tomate de árbol (Lobo *et al.*, 2011).

Los síntomas de esta enfermedad pueden presentarse en los frutos, tallos y ramas en sus diferentes estados fenológicos de desarrollo. La mayor incidencia de la enfermedad se presenta en épocas lluviosas y con temperaturas promedio entre 13 a 15°C y una humedad ambiental del 95%. Las lesiones se presentan de color oscuro y varían en tamaño y forma. En los frutos las lesiones son negras, deprimidas y acompañadas de masas de conidios de color rosa (Falconí *et al.*, 2013). En Ecuador, las pérdidas en el rendimiento debido a la antracnosis pueden variar en un rango comprendido entre 60 y 80% (Santillán, 2001). Los métodos de control que se utilizan actualmente comprenden la aplicación de agroquímicos, remoción de frutos enfermos y control cultural (Lobo *et al.*, 2011).

La identificación de especies de *Colletotrichum* se ha basado principalmente en la morfología y el rango de huéspedes (Cannon *et al.*, 2012). Sin embargo, estas características son a menudo poco confiables para determinar adecuadamente la especie a la que corresponde un aislado (Sreenivasaprasad *et al.*, 1996). Como ejemplo, dentro del género *Colletotrichum*, la especie *C. acutatum* puede ser o no

patógena (Sreenivasaprasad y Talhinhos, 2005), mientras que *C. acutatum*, *C. asianum*, *C. boninense*, *C. tamarilloi* y *C. theobromicola* no son específicos y pueden crecer en diferentes huéspedes (Cabrera et al., 2018).

A nivel morfológico algunos estudios realizados han señalado a *C. acutatum* como el hongo responsable de la antracnosis en Ecuador (Viera et al., 2016) y Colombia (Afanador-Kafuri et al., 2003; Saldarriaga et al., 2008;). Sin embargo, otros estudios señalan a *C. gloeosporioides* como el agente causal de la antracnosis en Ecuador y Colombia (Rueda et al., 2005; Alarcón y Chavarriaga, 2007; Lobo et al., 2011; Obando 2012; Santander et al., 2014; Feicán et al. 2016).

A nivel molecular, estudios basados en la secuencia de la región espaciador transcrito interno (ITS) del ADN ribosómico (ADNr) en Colombia mostraron que la antracnosis en tomate de árbol es causada por *C. acutatum* y no por *C. gloeosporioides* (Afanador-Kafuri et al., 2003). Sin embargo, Pardo et al. (2016) demostraron por marcadores moleculares definidos en el ITS y el gen glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase (GAPDH), que las especies de los grupos *C. acutatum*, *C. boninense* y *C. gloeosporioides* están asociados a cultivos de tomate de árbol y mango.

En Ecuador, los estudios de Falconí et al. (2013) a nivel morfológico y molecular señalan como responsable a *C. acutatum*, en un estudio realizado en tres provincias del Ecuador (Pichincha, Cotopaxi e Imbabura). Caicedo et al., (2017) realizaron un estudio en la Región Interandina y señalan como responsable a *C. tamarilloi*, especie que ha sido definida dentro del complejo de *C. acutatum*, pero su estudio solo incluyó tres muestras de las provincias de Azuay y Loja.

El objetivo del presente estudio fue confirmar al complejo *C. acutatum* como el agente causal de la antracnosis en 16 localidades frutícolas de tomate de árbol en las provincias de Azuay y Loja, a partir de características morfológicas y moleculares (secuencia de ITS).

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y aislamiento de *Colletotrichum*

La colecta de muestras se realizó en 16 zonas frutícolas de tomate de árbol, en las provincias de Azuay (12 muestras) y Loja (4 muestras) durante el año 2016, en huertos que presentaron síntomas comunes de antracnosis como lesiones negras en los frutos, acompañados de masas de conidios de coloración rosada (Fig. 1). Se tomaron muestras de frutos y se asignó un código a cada muestra (Tabla 1).

Los frutos infectados se cortaron en trozos de 5 mm con un bisturí estéril alrededor de lesiones jóvenes pequeñas (2,5 mm de lesión y 2,5 mm de tejido sano). Los pedazos de tejido fueron esterilizados superficialmente con hipoclorito de sodio al 3% durante 1,5 minutos y luego fueron enjuagados por tres ocasiones con agua estéril. Se retiraron los bordes de cada pedazo para obtener porciones más pequeñas. Luego fueron sembrada en caja de Petri con medio de cultivo PDA (Potato Dextrose Agar TM MEDIA 344). Los aislados que crecieron, se purificaron con subcultivos en cajas Petri. Se realizaron cultivos monospóricos de cada aislado, utilizando la metodología de Nelson et al. (1983).



Figura 1. Lesiones comunes de antracnosis observadas en frutos de tomate de árbol. Las muestras fueron recolectadas en El Pan (provincia de Azuay).

Tabla 1. Códigos y ubicación de los aislados de *Colletotrichum* spp. recolectados en las provincias de Azuay y Loja.

Código	Localización (Sector-Provincia)	Tejido afectado	Coordenadas UTM
UC001	Bulán, Azuay	Frutos, hojas	668643 - 9627984
UC002	Bulan, Azuay	Frutos, hojas	669668 - 9628959
UC003	Bulan, Azuay	Frutos, hojas	669848 - 9630259
UC004	El Pan, Azuay	Frutos, hojas	670393 - 9629800
UC005	El Pan, Azuay	Frutos, hojas	668675 - 9627293
UC006	El Pan, Azuay	Frutos, hojas	670091 - 9628676
UC007	Donjulo, Azuay	Frutos, hojas	670648 - 9628863
UC008	Donjulo, Azuay	Frutos, hojas	670548 - 9627837
UC012	Donjulo, Azuay	Frutos, hojas	673363 - 9628443
UC013	Donjulo, Azuay	Frutos, hojas	677929 - 9626685
UC013b	Sevilla de oro, Azuay	Frutos, tallos	753442 - 9710649
UC014	Gauchapala, Azuay	Frutos, hojas	750130 - 9686580
UC015b	San Pablo de Tenta, Loja	Frutos, tallos	719491 - 9676999
UC016	San Pablo de Tenta, Loja	Frutos, hojas	689660 - 9601679
UC019	Saraguro, Loja	Frutos, hojas	686689 - 9599501
UC022	Las Lagunas, Loja	Frutos, tallos	695742 - 9597566

Caracterización morfológica

Para cada aislado obtenido de los cultivos monospóricos se tomó asépticamente secciones de 4 mm en las áreas de esporulación activa cerca del borde de crecimiento y se sembró en cajas Petri con medio PDA (cuatro repeticiones). Los aislados fueron incubados en cámara de clima constante MEMMERT a ± 25 °C y $\pm 75\%$ de humedad relativa durante 7 días. La caracterización del micelio se realizó mediante observación directa de cada aislado y se registró el tipo de micelio, la presencia, ausencia y el tipo (escaso o algodonoso), coloración de la colonia y se realizaron mediciones diarias para determinar la tasa de crecimiento hasta los 10 días luego de la siembra en mm por día; de acuerdo a la metodología de Nelson *et al.* (1983) modificada.

Caracterización de conidios

Para la producción de conidios, los aislados se sembraron en medio de cultivo PDA y para favorecer la esporulación se colocaron los aislados a los 5 días de siembra bajo un fotoperiodo de 8 h con luz fluorescente (tubo General Electric Staybright XL, F40SXL SP35 40 W). Se tomó una sección de cada aislado, se colocó en un portaobjetos cuadrado con una gota de lactofenol y se observó en un microscopio óptico Olympus Bx 41 la forma de 10 conidios por caja (40 en total). Las estructuras en cada placa se fotografiaron con cámara digital (Canon Powershot ELPH 500 HS) adaptada al lente del microscopio. Los conidios se clasificaron según su forma en tres categorías, 0= conidios con los dos extremos redondeados, 1= conidios con un extremo redondeado y otro agudo (mixtas), 2= conidios con los dos extremos agudos.

Pruebas de patogenicidad

La patogenicidad de los aislamientos obtenidos se verificó en frutos de tomate de árbol. Los frutos se obtuvieron en estado de madurez fisiológica, y se esterilizaron superficialmente mediante inmersión en etanol (tres minutos), hipoclorito de sodio al 1 % (cinco minutos), y agua destilada estéril (tres veces durante dos minutos cada vez). A continuación, se secaron en cámara de flujo laminar. Los frutos se inocularon mediante el método de inoculación por herida y goteo depositando 6 μL de la suspensión conidial ($\sim 1 \times 10^6$ esporas mL^{-1}) sobre el área de la herida previamente demarcada (Than *et al.*, 2008).

Como control, se inoculó agua destilada estéril. Los frutos inoculados se colocaron en cámaras húmedas en condiciones estériles (humedad relativa cercana al 95 %) (Montri *et al.*, 2009), a temperatura ambiente (± 24 °C), y sometidos a regímenes normales de luz durante siete días (Than *et al.*, 2008). Por cada interacción entre aislamiento y hospedante se emplearon tres repeticiones. Siete días después de la inoculación se evaluaron los síntomas de la enfermedad y se tomaron fragmentos del borde de las lesiones o del área inoculada (en caso de no observar síntomas). El organismo aislado se cultivó en medio PDA y los caracteres de la colonia y su morfología se compararon con el cultivo inicialmente inoculado.

Caracterización molecular

El ADN se extrajo del micelio del hongo obtenido de cultivos puros en medio PDA. Para cada aislado se utilizó aproximadamente 100 mg de micelio de acuerdo a la metodología de Fulton *et al.* (1995). La concentración del ADN para cada aislado se midió en un espectrofotómetro (EPOCH) y se diluyó hasta una concentración final de 50 ng/ μL para la amplificación por reac-

ción en cadena de la polimerasa (PCR). La PCR se realizó con los primers específicos de cada taxón: para *C. acutatum* se utilizó el primer ITS4 (White *et al.*, 1990) con el primer específico CaInt2 (GGGGAAGCCTCTCGCGG) (Brown *et al.*, 1996, Sreenivasaprasad *et al.*, 1996). Para *C. gloeosporioides* se utilizó el primer ITS4 (White *et al.*, 1990) con el primer específico (CgInt) (GGCCTCCCGCCTCCGGGCGG) (Brown *et al.*, 1996).

Las reacciones de PCR se realizaron en un termociclador Eppendorf Mastercycler NexusGSX1, en un volumen final de 25 µl, con 50 ng de ADN, 2,5 mM de dNTP (cada uno), 0,25 mM de cada primer, 25 mM de MgCl₂, y 1 U de ADN polimerasa (Invitrogen). Las reacciones de PCR se realizarán durante 30 ciclos (30 s a 95 ° C, 30 s a 60 ° C y 1,5 min a 72 ° C). Los productos de la amplificación se separaron en geles de agarosa al 1% a 100 V durante 30 minutos. Un marcador molecular de 1 kpb (Invitrogen) se utilizó como estándar molecular.

■ RESULTADOS

Recolección y aislamiento del hongo

Se obtuvieron 16 aislados monospóricos de *Colletotrichum* spp., tomados de huertos de tomate de árbol en las provincias de Azuay y Loja. Los aislados causaron síntomas típicos de antracnosis en los frutos de tomate de árbol inoculados. En base a los síntomas se aisló nuevamente el patógeno y sus características morfológicas resultaron similares al originalmente inoculado, con lo que se cumplieron los postulados de Koch.

Caracterización morfológica

Características de la colonia

Los aislados en medio PDA presentaron diferente morfología en cuanto al color. En general el color de la colonia de los aislados cambió de tonalidades claras a oscuras con el paso de los días. Se observó colores que van desde blanco a amarillo en la superficie superior, y desde naranja a violeta en la inferior (Figura 2).

Estas coloraciones de tonalidades claras son asociadas con *C. acutatum* y para la mayoría de aislados la morfología de la colonia (superficie superior e inferior) fue consistente con descripciones publicadas para las especies del complejo *C. acutatum*. (Than *et al.*, 2008; Falconí *et al.*, 2013; Caicedo *et al.*, 2017).

El crecimiento de los diferentes aislados fue regular y progresivo en medio PDA y después de 10 días a ± 25°C, la caja Petri estuvo casi completamente recubierta por los aislados.

Siete de los 16 aislados presentaron un micelio algodonoso y denso en el centro, mientras el resto presentaron un micelio escaso. Se registró la formación de micelio aéreo de tipo escaso-liso en un 60% de las colonias y 40% de tipo abundante- algodonoso (Tabla 2, Figura 2).

Tabla 2. Caracterización morfológica y tipo de conidios de aislados de *Colletotrichum* spp. de tomate de árbol en las provincias de Azuay y Loja.

Código	Crecimiento	Tipo de micelio	Coloración superficie inferior	Coloración superficie inferior	Forma Conidios
UC001	4,90 RL	Escaso	Blanco	Amarillo	2
UC002	5,21 RL	Algodonoso	Crema	Marrón	1
UC003	4,88 RL	Escaso	Crema	Marrón	2
UC004	5,15 RL	Escaso	Crema	Marrón	1
UC005	5,05 RL	Algodonoso	Crema	Marrón	2
UC006	5,21 RL	Escaso	Crema	Violeta	1
UC007	7,00 ML	Escaso	Amarillo	Marrón	1
UC008	6,30 RL	Algodonoso	Crema	Marrón	2
UC012	7,48 R	Algodonoso	Blanco	Marrón	2
UC013	8,50 R	Algodonoso	Crema	Naranja	2
UC013b	8,00 R	Algodonoso	Crema	Violeta	1
UC014	4,80 RL	Escaso	Crema	Naranja	2
UC015	5,94 RL	Escaso	Crema	Naranja	2
UC016	9,00 R	Escaso	Blanco	Violeta	1
UC019	6,65 RL	Algodonoso	Blanco	Marrón	2
UC022	7,55 R	Escaso	Blanco	Marrón	2

R = rápido, ML = moderadamente lento, RL = relativamente lento

0 = conidios con los dos extremos redondeados, 1 = conidios con un extremo redondeado y otro agudo (mixto), 2 = conidios con dos extremos agudos

Índice de crecimiento

Los 16 aislados de *Colletotrichum* spp. presentaron, crecimiento regular y uniforme. El 60% de las colonias presentaron crecimiento relativamente lento (< 7cm de diámetro después de 10 días), el 30% presentaron crecimiento rápido (> 7cm de diámetro después de 10 días) y el 10 % crecimiento moderadamente lento (Tabla 2). No hubo diferencia significativa entre la tasa de crecimiento de los aislados ($P = 0.1807$).

Morfología de los conidios

Se encontraron dos tipos de conidios en los aislados. El primer tipo correspondió a conidios que presentaban dos extremos agudos, en especial los aislados de Donjulo y el cantón Saraguro (60 % de los aislados). El segundo tipo correspondió a conidios con un extremo redondeado y un extremo agudo (40 % de los aislados). Se ha reportado este tipo de conidios correspondientes al tipo *C. acutatum* (Oliveira et al., 2005). No se diferenciaron conidios con ambos extremos redondeados que corresponden con el tipo de *C. gloeosporioides*.

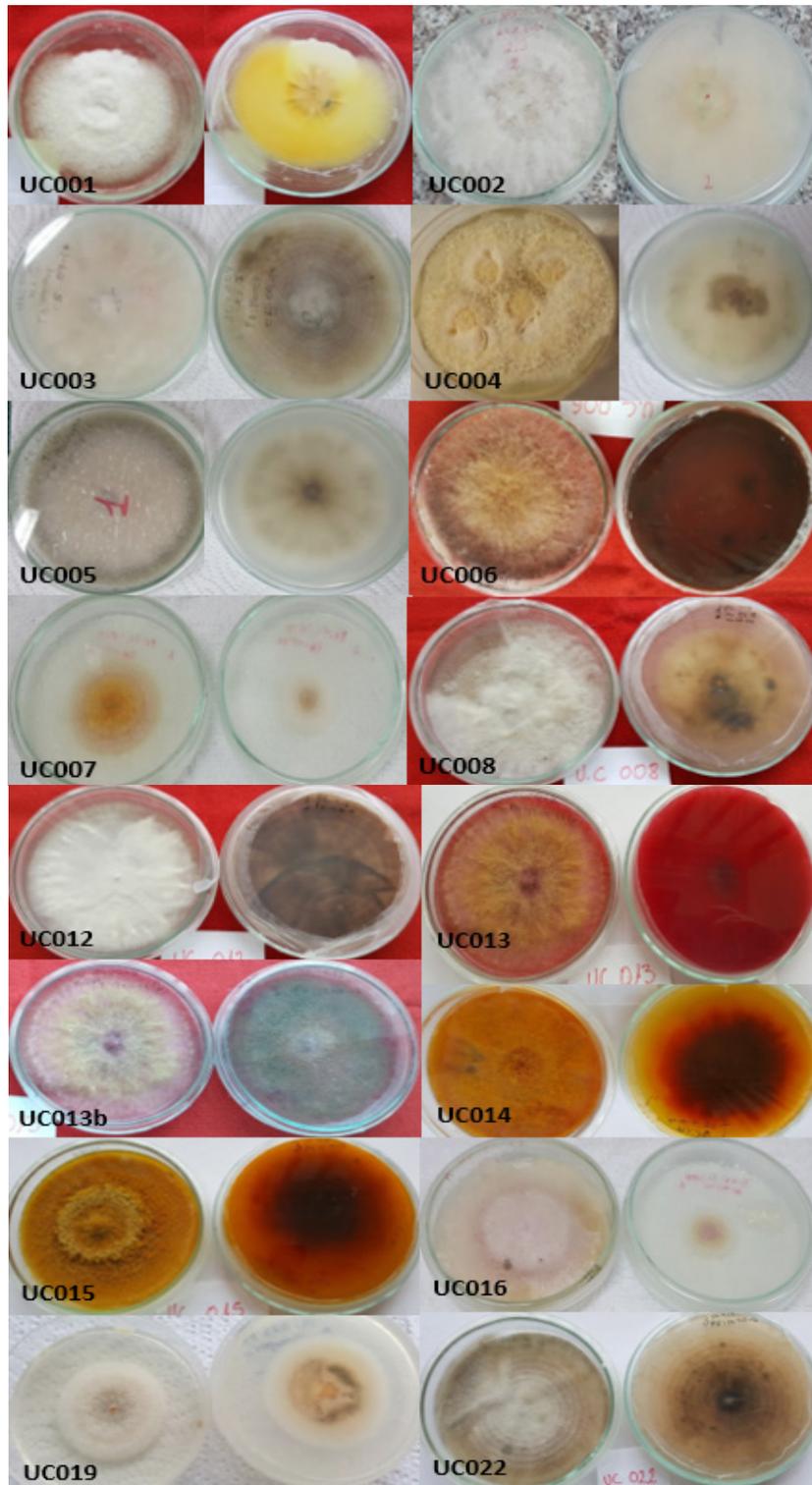


Figura 2. Variabilidad morfológica de colonias de aislados del complejo *Colletotrichum* spp de tomate de árbol en las provincias de Azuay y Loja. Para cada aislado se muestra las superficies superior e inferior de la colonia a los 10 días a $\pm 25^{\circ}\text{C}$ y $\pm 75\%$ de humedad relativa, en medio de cultivo PDA.

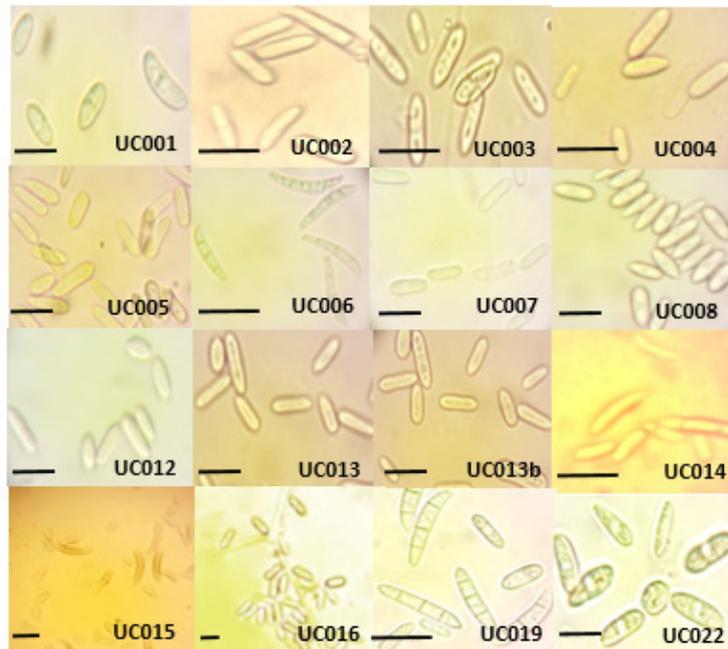


Figura 3. Variabilidad morfológica de conidios de aislados del complejo *Colletotrichum* spp de tomate de árbol en las provincias de Azuay y Loja a los 10 días a $\pm 25^{\circ}\text{C}$ y 75% de humedad relativa, en medio de cultivo PDA. Todas las barras de escala representan $10\ \mu\text{m}$.

Pruebas de patogenicidad

La patogenicidad de los aislados de *Colletotrichum* spp. en frutos de tomate de árbol por el método de inoculación por herida y goteo mostró síntomas de antracnosis y lesiones que no fueron diferentes en tamaño entre ellas. Las lesiones presentadas fueron típicas de huéspedes susceptibles. Las lesiones aparecieron a partir del cuarto día de inoculación. Para todos los aislados se produjo en los frutos infectados lesiones deprimidas y el desarrollo de micelio de color rosáceo, característico de *C. acutatum* (Figura 4).



Figura 4. Reacción en frutos de tomate de árbol inoculados artificialmente con aislados de *Colletotrichum acutatum* por el método de herida goteo con suspensión de esporas, después de 7 días a $\pm 24^{\circ}\text{C}$.

Análisis moleculares

El ADN de 16 aislados de *Colletotrichum* colectados de tomate de árbol fueron probados con los primers específicos para *C. acutatum* (CaInt2) y *C. gloeosporioides* (CgInt). Las reacciones de PCR para aislados representativos se muestran en la figura 5. Un fragmento de ADN de aproximadamente 490-bp fue amplificado con los primers específicos CaInt2 y ITS4 para *C. acutatum*. Los primers de acuerdo al Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI) pueden amplificar tanto *C. acutatum* como *C. tamarilloi*. No se obtuvo ninguna amplificación del ADN de los aislados colectados al utilizar los primers ITS4-Cngt, específicos de *C. gloeosporioides* (resultados no mostrados). En el presente caso se ha determinado por un método molecular (PCR) la presencia de *C. tamarilloi*, perteneciente al complejo *acutatum* en tomate de árbol.

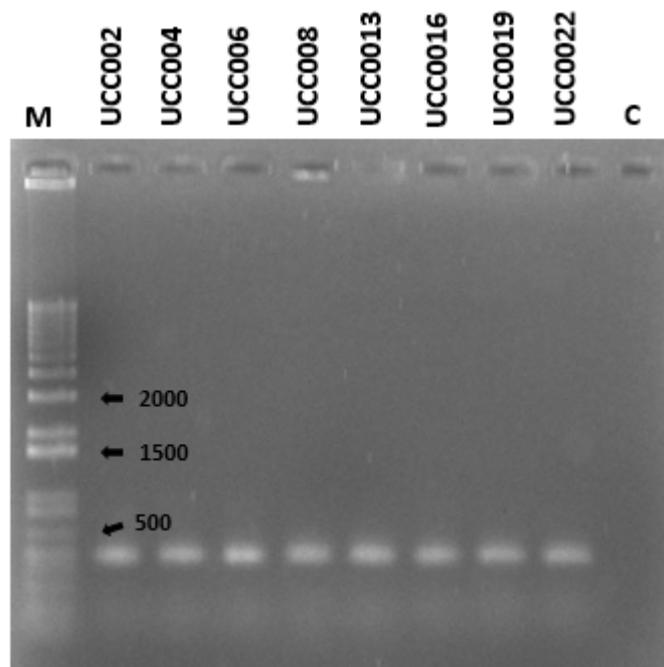


Figura. 5. Identificación específica de *C. acutatum*, con el primer CaInt2 en combinación con el primer diseñado en la secuencia ITS. M: Marcador de Peso Molecular; líneas 1,2,3, 4 y 5: muestras de Azuay; líneas 6, 7 y 8: muestras de Loja; C: control.

DISCUSION

El presente estudio fue llevado a cabo para clarificar cuál es el agente causal de la antracnosis en tomate de árbol en las provincias de Loja y Azuay, en base a características morfológicas, moleculares y patogénicas. Se determinó que el hongo responsable pertenece al complejo de *C. acutatum*. Las pruebas de patogenicidad en frutos inoculados por herida mostraron que todos los aislados fueron patógenos para el tomate de árbol. Anteriormente la clasificación taxonómica de la especie responsable de la antracnosis se basaba principalmente en el tamaño del conidio y la forma (Cannon *et al.*, 2012). Otras especies del género *Colletotrichum* han sido reportadas como agente causal de la antracnosis en tomate de árbol incluyendo *C. gloeosporioides*. Sin embargo, los síntomas observados en el campo durante la

colecta coincidieron con la descripción de la enfermedad dada por Falconí *et al.* (2013) y Caicedo *et al.* (2017), quienes señalan como responsable al hongo *C. acutatum* y *C. tamarilloi* (complejo *acutatum*), y señalan síntomas como lesiones negras en forma de depresión en los frutos, acompañadas de lesiones con masas de esporas de color rosado.

La caracterización morfológica mostró que el 62,5% de los aislados evaluados en el presente estudio fueron de color crema, 31,25 % blanco y 6,25% amarillo en la parte superior y de color naranja a violeta en el reverso de las cajas. La morfología de la colonia para todos los aislados (superficies superior e inferior) coinciden con las descripciones publicadas para las especies del complejo *C. acutatum* (Than *et al.*, 2008, Falconí *et al.*, 2013, Caicedo *et al.*, 2017). La variación del color obtenida en el presente estudio podría indicar una alta variabilidad que podría ser explicada por la preferencia del huésped por parte de la especie o por aislado geográfico (Nirenberg *et al.*, 2002). En las inoculaciones sobre frutos llevadas a cabo en el laboratorio, en general el color de las colonias cambió con el tiempo de blanco a oscuro, pero el color del micelio fue rosado, lo cual es característico de *C. acutatum* (Than *et al.*, 2008; Falconí *et al.*, 2013, Caicedo *et al.*, 2017).

La tasa de crecimiento de la colonia *in vitro* fue otra característica importante para determinar que el hongo responsable pertenece al complejo *acutatum*. En nuestro estudio la mayor parte de las colonias tuvieron un crecimiento lento, lo cual concuerda con lo publicado por Than *et al.* (2008). En el mismo estudio se señala que la tasa de crecimiento para *C. gloeosporioides* es más elevada. Esta característica era utilizada también para diferenciar las dos especies. En cuanto a los conidios, resulta muy difícil diferenciar morfológicamente *C. gloeosporioides* y *C. acutatum* debido a la gran variabilidad en las características de colonia y conidios (Bridge *et al.*, 2008; Cannon *et al.*, 2012). Se ha sugerido que las variaciones morfológicas y tamaño de conidios puede estar relacionado a componentes fisiológicos tales como exposición al sol, temperatura y otras variables (Crouch *et al.*, 2006). Afanador-Kafuri *et al.* (2003) y Falconí *et al.* (2013), usaron la forma de los conidios conjuntamente con datos moleculares para establecer a *C. acutatum* como responsable de la antracnosis en tomate de árbol. En nuestro trabajo encontramos conidios de bordes redondeados y agudos, cuyo tamaño fue consistente con los reportados por Afanador-Kafuri *et al.* (2003), Damm *et al.* (2012) y (Oliveira *et al.* 2005) para *C. acutatum*, mientras que conidios cilíndricos han sido asociados con *C. gloeosporioides* (Sutton, 1992).

El uso exclusivo de características morfológicas para identificar diferencias entre poblaciones de *Colletotrichum* ha demostrado ser poco confiable (Sreenivasaprasad y Talhinhos, 2005). Además distinguir los taxones de *Colletotrichum* en general es difícil debido a la falta de protocolos estandarizados y normas internacionales y, por lo tanto, las relaciones taxonómicas dentro del género son poco probables que se resuelven sólo por el uso de caracteres morfológicos tradicionales (Falconí *et al.*, 2013). Las especies de *Colletotrichum*, son muy difíciles de describir sin ambigüedades debido a su amplia variabilidad morfológica y molecular y la morfología de los conidios puede ser afectada por diferencias en condiciones artificiales pero la identificación directa de aislados procedentes de la planta es también difícil porque la morfología de los conidios varía durante el proceso de infección (Pardo *et al.*, 2016; Falconí *et al.*, 2013). Así, es necesario apoyarse en el análisis molecular para la determinación de la especie.

Numerosos estudios han reportado subgrupos dentro de complejo de especies de *C. acutatum*. Los análisis moleculares son capaces de resolver estos complejos de especies y actualmente la clasificación puede hacerse utilizando hasta ocho locus diferentes (Cannon *et al.*, 2012). Análisis moleculares en

multilocus incluyendo los genes ITS, ACT, TUB2, CHS-1, GAPDH y HIS3, han ayudado a definir el clado como un colectivo con 29 especies estrechamente relacionadas, incluido *C. tamarilloi* (Damm *et al.*, 2012; Cannon *et al.*, 2012). Caicedo *et al.* (2017) demostraron mediante análisis moleculares en multilocus la presencia de *C. tamarilloi*, perteneciente al complejo *C. acutatum* en el callejón Interandino, incluyendo el sur del Ecuador. No obstante, el estudio de Caicedo *et al.* (2017) comprendió solamente tres muestras, dos en Azuay (Paute) y una en Loja (El Valle). En el presente estudio utilizamos 16 aislados y con el uso de primers específicos confirmamos la identificación del complejo *C. acutatum* como el agente causal de la antracnosis en tomate de árbol, en las provincias del Azuay y Loja.

CONCLUSIONES

El estudio permitió confirmar a nivel morfológico y molecular que el complejo *C. acutatum* es el agente causal de la antracnosis u ojo de pollo en el cultivo de tomate de árbol para las provincias de Azuay y Loja. El presente estudio servirá de base para generar nuevos estudios sobre la variabilidad del hongo y para generar alternativas de manejo y control integrado de esta enfermedad en plantaciones de tomate de árbol.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento especial a Rosa Delgado por su ayuda en el test de repique de aislados e inoculación de frutos con el micelio del hongo. El presente trabajo fue financiado por la Dirección de Investigaciones de la Universidad de Cuenca (DIUC) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Las contribuciones de los autores para el estudio: “*Caracterización morfológica y molecular del agente causal de la antracnosis en tomate de árbol en Azuay y Loja*”.

Castro-Quezada Patricio y Bravo-Zuñiga, Catalina contribuyeron de igual manera en este trabajo.

Castro-Quezada, P.; Bravo-Zuñiga, C.; y Díaz-Granda, L.: diseño y desarrollo del proyecto, actuaron en todas las etapas de la investigación;

Norma Quillay-Curay: trabajo de laboratorio, sistematización de datos;

Cabrera- Cabrera A.: trabajo de laboratorio, pruebas de patogenicidad;

Ramón- Montoya, M; Belesaca-Morocho, I: colectas y caracterización en campo.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta-Quezada, P., Martínez-Laborde, J., y Prohens, J. (2011). Variation among tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) accessions from different cultivar groups: implications for conservation of genetic resources and breeding. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(6), 943–960.
- Afanador-Kafuri, L., D. Minz, M. Maymon, y S. Freeman. (2003). Characterization of *Colletotrichum* isolates from tamarillo, passiflora, and mango in Colombia and identification of a unique species from the genus. *Phytopathology*, 93, 579-587.
- Alarcón-Restrepo, J. y Chavarriaga-Montoya, J. (2007). Diagnóstico precoz de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) (Penz) Penz & Sacc. en tomate de árbol mediante el empleo de infecciones quiescentes. *Agron. 15*(1), 89 – 102.
- Albornoz, G. (1992). El Tomate de árbol *Cyphomandra betacea* Sendt en el Ecuador. *Universidad Central, Fundación para el desarrollo agropecuario. Quito, Ecuador.*
- Botero, M. (1999). Estudio de la interacción biológica de microorganismos relacionados con *Colletotrichum gloeosporioides*, agente causal de la antracnosis en tomate de árbol. *PRONATTA-COR-POICA*. 58 pp.
- Bridge, P.D., Waller J.M., Davies D., y Buddie A.G. (2008). Variability of *Colletotrichum kahawae* in relation to other *Colletotrichum* species from tropical perennial crops and the development of diagnostic techniques. *Journal of Phytopathology*, 156, 274–80.
- Brown, A. E., Sreenivasaprasad, S., y Timmer, L. W. (1996). Molecular characterization of slow-growing orange and key lime anthracnose strains of *Colletotrichum* from citrus as *C. acutatum*. *Phytopathology*, 86, 523-527.
- Cabrera, L., Rojas, P., Rojas, S., Pardo-De la Hoz, C.J., Mideros, M.F., Danies, G., Lopez-Kleine, L., Jiménez, P., y Restrepo, S. (2018). Most *Colletotrichum* species associated with tree tomato (*Solanum betaceum*) and mango (*Mangifera indica*) crops are not host-specific. *Plant Pathology*, 67(5), 1022-1030.
- Caicedo, J. D., Lalangui, K.P., Pozo, A.N., Cevallos, P.A., Arahana, A.S., Méndez, K.S. (2017). Multilocus molecular identification and phylogenetic analysis of *Colletotrichum tamarilloi* as the causal agent of Tamarillo (*Solanum betaceum*) anthracnose in the Ecuadorian highlands. *European Journal of Plant Pathology*, 148(4), 983-996.
- Cannon, P.F., Damm, U., Johnstony, P.R., y Weir, B.S. (2012). *Colletotrichum* current status and future directions. *Studies in Mycology*, 73, 181–213.
- Damm, U., Canon, P.F., Woudenberg, J.C., y Crous, P.W. (2012a). The *Colletotrichum acutatum* species complex. *Studies in Mycology*, 73, 37–113.
- Falconí, C. E., Visser, R. G. F., y van Heusden, A. W. (2013). Phenotypic, Molecular, and Pathological Characterization of *Colletotrichum acutatum* Associated with Andean Lupine and Tamarillo in the Ecuadorian Andes. *Plant Disease*, 97(6), 819–827.
- Feicán-Mejía, C.G., Encalada-Alvarado, C.R. y Becerril-Román, A.E. (2016). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Agroproductividad*, 9 (8), 78-86.

- Freeman, S., Katan, T., y Shabi, E. (1998). Characterization of *Colletotrichum* Species Responsible for Anthracnose Diseases of Various Fruits. *Plant Disease*, 82(6), 596–605.
- Fulton, T.M., Chunwongse, J. y Tanksley, S.D. (1995). Microprep Protocol for Extraction of DNA from Tomato and Other Herbaceous Plants. *Plant Molecular Biology Reporter*, 13, 207-209.
- Lobo A., M., Medina C., C. I., y Cardona G., M. (2011). Resistencia de campo a la antracnosis de los frutos (*Colletotrichum gloeosporioides*) en tomate de arbol (*Solanum betaceum* Cav. Sendt.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*; 53(2), 1129-1142.
- Nelson, P.E., Toussoun T.A y Marasas W.F.O (1983). Fusarium Species an Illustrated Manual for Identification. Pennsylvania: *The Pennsylvania State University Press*. 193 pp.
- Nirenberg, H. I., Feiler, U., y Hagedorn, G. (2002). Description of *Colletotrichum lupine* comb.nov. in modern terms. *Mycologia*, 94, 307–320.
- Montri, P., Taylor, P. W. J., y Mongkolporn, O. (2009). Pathotypes of *Colletotrichum capsici*, the causal agent of chili anthracnose, in Thailand. *Plant Dis.* 93,17-20
- Obando J. (2012). Selección de genotipos mejorados de tomate de árbol provenientes de semillas resistentes a antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides*. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/7390>.
- Oliveira, R., Moral J., Bouhmidi K y Trapero A. (2005). Caracterización morfológica y cultural de aislados de *Colletotrichum* spp. causantes de la Antracnosis del olivo. *Bol. San. Veg. Plagas*, 31, 531-548.
- Pardo-De la Hoza C. J., Calderon C., Rincon A.M., Cardenas M., Daniesa G., Lopez-Kleine L, Restrepo S. y Jimenez P. (2016). Species from the *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum boninense* and *Colletotrichum gloeosporioides* species complexes associated with tree tomato and mango crops in Colombia. *Plant Pathology*, 65, 227–237.
- Rueda A., Echeverri F., Torres F., Gallego A., Quiñones W. y Lobo M. (2005). Chemical and microbiological profile of the tree tomato (*Cyphomandra* spp.) and its role against *Colletotrichum gloeosporioides*, causal agent of antracnosis *Actual Biol*, 27 (1), 117-121.
- Santander, M, Ceron, I y Hurtado, A. (2014). Acción biocida del jugo de fique (*Furcraea gigantea* Vent.) sobre *Colletotrichum gloeosporioides* aislado de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Agro sur*, 42(2),13-17.
- Santillán, F. (2001). Manual del cultivo sustentable de tomate de árbol. Universidad de Cuenca, Ecuador. 53 pp.
- Saldarriaga-Cardona, A., J. Castaño Zapata, y Arango Isaza R. (2008). Caracterización del agente causante de la antracnosis en tomate de árbol, manzano y mora. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 32(123), 145-156.
- Sreenivasaprasad, S., Mills, P. R., Meehan, B. M., y Brown, A. E. (1996). Phylogeny and systematics of 18 *Colletotrichum* species based on ribosomal DNA spacer sequences. *Genome*, 39,499-512.

- Sreenivasaprasad, S., y Talhinas, P. (2005). Genotypic and phenotypic diversity in *Colletotrichum acutatum*, a cosmopolitan pathogen causing anthracnose on a wide range of hosts. *Mol. Plant Pathol.*, 6,361-378.
- Sutton, B. C. (1992). The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. Pages 1-26 in: *Colletotrichum: Biology, Pathology, and Control*. J. A. Bailey and M. J. Jeger, eds. CAB International, Wallingford, UK.
- Than, P. P., Shivas, R. G., Jeewon, R., Pongsupasamit, S., Marney, T. S., Taylor, P. W. J., y Hyde, K. D. (2008). Epitypification and phylogeny of *Colletotrichum acutatum* J. H. Simmonds. *Fungal Divers.* 28,97-108.
- Talhinas, P., Sreenivasaprasad, S., Neves-Martin, J., y Oliveira, H. (2002). Genetic and morphological characterization of *Colletotrichum acutatum* causing anthracnose of lupins. *Phytopathology*, 92,986-996.
- Viera-Arroyo, W., Sotomayor Correa, A.V., Tamba-Sandoval, M.V., Vásquez-Castillo, W.A., Martínez, A.M., Viteri-Díaz, P.F. y Ron, L.. (2016). Estimación de parámetros de calidad del fruto para segregantes interespecíficos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en respuesta de resistencia a la Antracnosis (*Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds). *Acta Agronomica*, 65(3), 304-311.
- White, T. J., Bruns, T. D., Lee, S., y Taylor, J. W. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal genes for filogenetics. Pages 315-322 in: *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. M. A. Innis, D. H. Gelfand, and J. J. Sninsky, eds. Academic Press, San Diego.

Importancia hídrica de los bosques de la cordillera Chongón-Colonche para las tierras áridas del noroeste de Santa Elena

Hydrological Importance of the Forests of the Chongón-Colonche Mountain Range for the Arid Lands of Northwestern Santa Elena

Ricardo Ayerza¹ 

¹ Associate in Arid Lands, Office of Arid Lands Studies, The University of Arizona, Tucson, Arizona 85706, U.S.A. Dirección actual: La Rinconada, Santa Elena, Ecuador

*Autor para correspondencia: rayerza@newcrops.org

Recibido: 26/01/2019

Aprobado: 29/05/2019

RESUMEN

El objetivo de este artículo es poner en evidencia sobre la importancia que tiene el ecosistema de la cordillera Chongón-Colonche en el mantenimiento del equilibrio biológico de las tierras áridas y semiáridas de la provincia de Santa Elena, y sobre el ahorro en la utilización del agua freática con la implementación de un sistema de captación del agua proveniente de la lluvia y de la llovizna y niebla marina. La indiscriminada explotación del bosque natural acentuó las características de aridez y propició la desertificación generalizada de la provincia. La deforestación ha provocado el marcado descenso de las precipitaciones. De los bosques secos y sabanas tropicales que cubrían las tierras provinciales hoy queda sólo un 1 %. El futuro de las generaciones venideras de Santa Elena, especialmente en el noroeste, está ligado a la productividad biológica de las tierras áridas y semiáridas relativas a la cordillera Chongón-Colonche y su Bosque Protector. Esta es razón suficiente para actuar y detener el proceso de desertificación al que se ve sometido este frágil ecosistema e implementar sistemas de captación del agua de lluvia y la humedad en forma de llovizna y niebla marina.

Palabras clave: Chongón-Colonche, bosque nublado, deforestación, captación de niebla, zonas áridas, desertificación, Ecuador.

■ ABSTRACT

The objective of this paper is to draw attention to the importance of the Chongón-Colonche mountain range ecosystem to keep the biological balance of the arid and semi-arid lands of the Santa Elena province, and on the saving in the use of groundwater with the implementation of a water catchment system from rain, and drizzle and marine fog. The indiscriminate exploitation of the natural forest accentuated the characteristics of aridity and led to the widespread desertification of the province. Deforestation has caused the marked decrease in rainfall. Of the dry forests and tropical savannas that covered the provincial lands today, only 1% remains. The future of the next generations of Santa Elena, especially in the northwest, is linked to the productivity of the arid and semi-arid lands related to the Chongón-Colonche mountain range and its Protective Forest. This is reason enough to act and stop the process of desertification to which this fragile ecosystem is subjected, and implement rainwater catchment systems and that of moisture in the form of drizzle and marine fog.

Keywords: Chongón-Colonche, cloud-forest, deforestation, fog capture, arid lands, desertification, Ecuador

■ INTRODUCCIÓN

En la década de los 50's del siglo XX, la zona fitogeográfica de la Costa Ecuatoriana había perdido el 95 % de los bosques primarios, transformando su cobertura vegetal en pastos para el ganado, cultivos agrícolas y bosques empobrecidos por la extracción selectiva de sus árboles (Dodson y Gentry, 1991; Neill, 1999). El inicio de la explotación intensiva de estos bosques se remonta a los siglos XVI y XVII, cuando la madera de sus árboles era utilizada en astilleros de la zona de Guayaquil para la construcción de barcos, incluidos aquellos navíos para la Real Armada del Mar del Sur. También se empleó en la construcción de casas y edificios para el desarrollo interno de la antigua Audiencia de Quito y diversas localidades del Pacífico sudamericano como Lima, Trujillo, Arica (Estrella, 1995). Este proceso de deforestación, aunque con diferentes intensidades y objetivos de uso dependiendo de la época, continuó a través del tiempo hasta llevar los bosques primarios a la situación actual de virtual desaparición.

Los bosques sobrevivientes y empobrecidos de la costa ecuatoriana, generalmente llamados secundarios, han sufrido una marcada erosión genética debido a un proceso de selección en favor de los genotipos inferiores. Cuando el hombre entró al bosque primario en busca de madera eligió siempre el mejor ejemplar que podía encontrar, repitiendo esta conducta cada vez que regresaba al bosque. Así desaparecieron los individuos más deseables por su sanidad, tamaño, calidad de la madera y arquitectura. Este tipo de selección resultó negativa para el bosque, pues llevó a que los árboles que permanecían, fueran los que poseían los genotipos más pobres desde el punto de vista forestal, aquellos ejemplares enfermos, decrepitos o mal formados. Incluso, en algunas especies, la extracción ha sido tan exhaustiva que no han quedado ni siquiera ejemplares que pudieran servir como semilleros para iniciar el camino hacia una recuperación natural del bosque original. Esta lógica conducta humana la he observado en bosques de todo el mundo y comprobada también su ocurrencia en los bosques de la

costa ecuatoriana, a través de las entrevistas realizadas a cortadores de madera locales y relevamientos personales en búsqueda de plántulas y/o semillas de árboles desaparecidos por la tala indiscriminada. Se ha demostrado ampliamente que los bosques constituyen un importante recurso renovable que conserva la diversidad genética, proporciona un suministro constante de productos forestales si se los maneja de una manera adecuada, contribuye a regenerar los suelos y a protegerlos contra la erosión, estabiliza las cuencas hidrográficas e impide inundaciones, amortigua las fluctuaciones climáticas y suministra los elementos necesarios para la recreación y el turismo; los bosques son elementos fundamentales en el ciclo del agua dulce (Ayerza (h) *et al.*, 1988; Barrow, 1994).

Ecuador posee el 20 % de su superficie, o sea 8 926 000 hectáreas, bajo condiciones sub húmeda-secas, semiáridas y áridas y el 18,8 % de ellas se hallan bajo graves procesos erosivos (Hopkins y Jones, 1983). La mayor parte de estas tierras secas se concentra en la costa del Pacífico, especialmente en las provincias de Manabí y Santa Elena, y en las tierras bajas de las islas Galápagos (Neill, 1999; Sierra, 2013).

La provincia de Santa Elena, está localizada en la zona costera del Ecuador. Limita al norte con la provincia de Manabí, al sur y al este con la provincia del Guayas y al oeste con el Océano Pacífico.

El objetivo de esta nota técnica es poner en evidencia la importancia que tiene el ecosistema de la cordillera Chongón-Colonche en el mantenimiento del equilibrio biológico de estas tierras áridas y semiáridas de la provincia de Santa Elena y el ahorro en la utilización del agua freática con la implementación de un sencillo y eficiente sistema de captación y almacenamiento del agua proveniente de la lluvia y de la llovizna y niebla marina en el noroeste de la provincia.

■ MATERIALES Y METODOS

La metodología utilizada incluyó tres tipos de fuentes de información:

- Referencias disponibles a través de publicaciones científicas y técnicas.
- Observaciones de campo y entrevistas a personas y organizaciones involucradas en las actividades regionales, entre los años 2007 y 2018.
- Resultados obtenidos de investigaciones ejecutadas entre los años 2008 y 2016, en las localidades de El Azúcar, Dos Mangas, Manglaralto, La Rinconada y Punta Carnero, en la provincia de Santa Elena.

Aunque el objetivo del trabajo está enfocado a la provincia de Santa Elena en general y a la región del noroeste en especial, gran parte de la información obtenida y analizada del sudoeste de la provincia de Manabí ha sido utilizada indistintamente para ambas localizaciones. El ecosistema es el mismo y la problemática y las soluciones tratadas son comunes a ambas provincias.

■ RESULTADOS Y DISCUSION

Deforestación y desertificación de las zonas áridas y semiáridas de la provincia de Santa Elena

En el presente trabajo desertificación significa la degradación de las tierras áridas, semiáridas y sub-húmedas secas resultantes de diversos factores tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas. Por su parte, la degradación de las tierras se entiende como la reducción o pérdida de productividad biológica o económica de las tierras (Ayerza, 1985).

Este proceso de cambio de los ecosistemas puede ser medido por la reducción en la productividad de las plantas deseables, alteraciones en la biomasa y en la diversidad de la micro y macro fauna y flora, aceleración en el deterioro del suelo y un marcado descenso en la calidad de vida de las personas que habitan en estas regiones (Ayerza, 2017).

A excepción de la Selva de Garúa localizada en determinados sectores de la cordillera Chongón-Colonche, prácticamente el total del territorio de la Provincia de Santa Elena es considerado árido o semiárido debido a la escasez de lluvias, a su pobre distribución y a las altas temperaturas durante gran parte del año que provocan un muy alto índice de evapotranspiración (ej. El Azúcar, 1 186 mm/año), haciendo muy difícil el desempeño de las plantas y los animales. La escasez de agua está imponiendo cada vez más limitaciones al desarrollo sustentable de la región (Ayerza (h), 2011; Ayerza y Coates, 2009; Berrezueta *et al.*, 2013; Cornejo, 2003; Neill, 1999).

La indiscriminada explotación del Bosque Seco o Bosque Deciduo que cubría las tierras bajas, acentuó las características de aridez y propició la desertificación generalizada de la provincia de Santa Elena (Bonifaz y Cornejo, 2004; Centro del Agua y Desarrollo Sustentable, 2013; Cornejo, 2003). Como se ha demostrado científicamente, con la eliminación del árbol en las zonas áridas desaparece la influencia benéfica que el ejerce sobre la materia orgánica y la fertilidad física y química del suelo, y en la cantidad y calidad de la biomasa circundante, aspectos básicos para la productividad y sustentabilidad de estos frágiles ecosistemas (Ayerza (h), 2017).

La deforestación producida por el hombre ha provocado el marcado descenso de las precipitaciones en la región, señalando como ejemplo de desertificación a todas las tierras de la provincia de Santa Elena (Bonifaz y Cornejo, 2004; Cornejo, 2003). A fines del siglo XIX comienza el proceso de desertificación del territorio de Santa Elena con la deforestación indiscriminada del Bosque Seco tropical (Centro del Agua y Desarrollo Sustentable, 2013). A mediados del siglo XX funcionaban, en el territorio de la actual provincia de Santa Elena, numerosos aserraderos que utilizaban como materia prima los árboles de este bosque tropical. En pocas décadas, los aserraderos que terminaron con los bosques nativos debieron cerrar sus operaciones. La dramática deforestación del Bosque Seco fue la respuesta a la gran demanda de madera que exigía el crecimiento de la construcción en las ciudades de Guayaquil y el conglomerado La Libertad-Santa Elena-Salinas inicialmente, para conformar luego el rápido desarrollo turístico que se instaló a lo largo de la Ruta del Spóndylus (Benetazzo comunicación personal, Babahoyo, 2012).

Tampoco debemos dejar de lado actividades como la ganadería y la agricultura que, sin incorporar tecnologías adecuadas para producir en estos frágiles ecosistemas, han deforestado las tierras para convertirlas en explotaciones ganaderas y agrícolas. Hoy día existen tecnologías muy exitosas que permiten recuperar estas tierras áridas y semiáridas desertificadas recurriendo a los sistemas denominados silvopastoriles, los que permiten combinar la producción animal con el bosque nativo o implantado artificialmente (Ayerza (h), 2017; Ayerza (h) *et al.*, 1988). Sin embargo, hasta el momento no ha sido posible identificar emprendimiento alguno que haya recurrido a este tipo de sistemas de producción en la provincia. Con la desaparición del bosque protector disminuyeron las precipitaciones y su capacidad de almacenamiento en los suelos; así se profundizaron y empobrecieron los niveles freáticos. Unido a esto, el aumento en la demanda de agua debido al incremento de las actividades económicas, especialmente en la línea costera por el crecimiento en turismo, pone en riesgo la sustentabilidad de las mismas (Berrezueta *et al.*, 2013; Brennan, 2010; USAID, 2010).

La vegetación dominante actual es un matorral seco fuertemente degradado, conformado por ejemplares aislados de árboles deciduos, especies arbustivas xerofíticas y cactáceas, y un estrato bajo formado por especies herbáceas, preponderantemente anuales y de escaso valor forrajero (Brennan, 2010; Neill, 1999). Este matorral se halla presente en prácticamente todas las tierras bajas de la provincia de Santa Elena, las que hasta mediados del siglo XX estaban cubiertas en su mayoría por bosques caducifolios y sabanas tropicales de los que se estima que hoy queda sólo un 1 % (Cornejo, 2003; Dodson y Gentry, 1991; WWF, 2014).

Así también, en la actualidad es común observar gramíneas exóticas espontáneas, como es el caso del Buffel Grass (*Cenchrus ciliaris* L.), originario de la India e introducido en el ecosistema del Gran Chaco Sudamericano a mediados del siglo pasado, desde donde se propagó por las tierras bajas y secas de América del Sur (Ayerza, 1983). En la provincia de Santa Elena se halla colonizando con agresividad los suelos de textura media a suelta, a partir de la localidad de Ayangue (Lat. 1°58'59"S.; Long. 80°44'50"O.) hacia el sur y hacia el este incluyendo las estribaciones de la Cordillera Chongón-Colonche. Este comportamiento se ve favorecido por el alto grado de degradación física, química y biológica que presenta este ecosistema, lo que prácticamente ha eliminado a las especies nativas que podrían competir. Sin la agresividad del Buffel Grass hay otras especies foráneas que también están colonizando estas tierras, ocupando el lugar de pioneras en la sucesión vegetal, como el caso de la paja rosada o paja boba (*Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E. Hubb.), gramínea originaria de África y típico exponente de tierras desertificadas (Ayerza (h), 1983).

La cordillera Chongón-Colonche y el sistema hídrico de la provincia de Santa Elena: La Selva de Garúa

La cordillera Chongón-Colonche es una formación montañosa que nace en las cercanías de la ciudad de Guayaquil y corre en dirección sudeste a noroeste, con una extensión de 100 km de largo, por 10 a 20 km de ancho. Exactamente, esta cordillera se inicia en el km 22 de la vía a la Costa, al norte de la ciudad de Guayaquil y se extiende hasta el límite sur del Parque Nacional Machalilla, sobre la costa del Océano Pacífico, pasando por las provincias de Guayas, Santa Elena y Manabí (Bonifaz y Cornejo, 2004). La altura máxima es de 830 m s.n.m. Su fisiografía muestra el predominio de fuertes pendientes

que sobrepasan una inclinación del 70 % y acaban en valles pequeños y aislados. Sus suelos son someros y pobres en las pendientes, y más profundos y ricos en los valles (Becker, 1999; Brennan, 2010). Hay autores que consideran a la cordillera Chongón-Colonche como integrante de una cadena montañosa más amplia que llega hasta la provincia de Esmeraldas, con una extensión de 300 km. Se presenta discontinua, recibiendo distintos nombres locales de norte a sur de acuerdo a su segmentación: Mache, Chindul, Jama, Colonche, y Chongón (Cornejo, 2003; Dodson y Gentry, 1991).

Esta típica geografía permite la existencia de diversos climas relacionados con los diferentes pisos altitudinales y la orientación de las laderas. Sin dudas existe una relación muy compleja entre la humedad y la orografía, pues hay sitios más húmedos que otros, aunque estén a la misma altitud y muy cerca entre sí (USAID, 2012).

Dentro de esta cordillera se encuentra el denominado Bosque Protector Chongón-Colonche. Esta zona presenta un bosque húmedo, llamado Selva o Bosque de Garúa, generalmente en la parte alta de la cordillera y bosques más secos a medida que disminuye la altura sobre el nivel del mar (BirdLife International, 2018). Los límites entre ambos tipos de bosques son difusos, formando ecotonos que van cambiando gradualmente con la altura y la exposición de las laderas, resultando más húmedas las orientadas al occidente que las que miran al oriente. El Bosque Seco o Bosque Deciduo se halla dominado esencialmente por árboles y arbustos que pierden sus hojas durante gran parte del año (Brennan, 2010; Neill, 1999).

El ecosistema más importante, por su influencia en la vegetación y las actividades humanas es la Selva de Garúa, ecosistema que puede llegar a recibir entre 1.000 mm (Dodson y Gentry, 1991) y 2.400 mm (Becker, 1999) de lluvia/año. Esta diferencia entre las dos referencias se debe a que en la segunda determinación, además de la lluvia tradicional se contabiliza la llovizna y la niebla marina captada por la vegetación. Este particular ecosistema se presenta discontinuo en forma de parches a distintas alturas, dependiendo en general de su localización y orientación respecto de los vientos húmedos originados en el océano Pacífico.

La denominación Selva de Garúa proviene de la característica de esta región de recibir una tenue pero pertinaz llovizna conocida localmente como garúa, que se presenta normalmente entre los meses de junio y octubre. Es común contar con un promedio de 120 días con estas características en dicho período. Este fenómeno climático tiene su origen en el océano Pacífico. La costa oeste sudamericana se halla fuertemente influenciada por la corriente oceánica fría, o de Humboldt, que la recorre desde el sur de Chile hasta el sur del Ecuador, donde se interna hacia el oeste, mar adentro. Esta corriente es empujada hacia la superficie por fuertes corrientes ascendentes. El agua fría entonces se evapora en la atmósfera haciendo que este vapor se condense en una niebla que cubre la tierra costera y, empujada por los vientos, se va desplazando cuesta arriba por las laderas hacia las cumbres de la cordillera donde permanece por un tiempo más prolongado en un fenómeno denominado inversión térmica. Al chocar con el bosque, esta niebla se precipita convirtiéndose en fuente de humedad conocida como lluvia horizontal. Su influencia es máxima en el extremo noroeste de la cordillera y va disminuyendo rápidamente hacia el sudeste a medida que la cordillera va perdiendo altura y se va alejando de la costa marítima, hasta finalmente desintegrarse (Becker y Agreda, 2005; Hueck, 1978; Salvatierra *et al.*, 2010).

Esta niebla se forma sobre el mar generalmente entre los 0 y 600 m de altura y su efecto en la cordillera Chongón-Colonche varía mucho (Sarmiento, 1986). Por ejemplo, en la localidad de Loma Alta, Santa Elena, se lo encuentra a partir de los 400 m. de altitud sobre el nivel del mar (Becker, 1999; Becker y Agreda, 2005), mientras que cerca de su extremo noroeste, en sectores donde la cordillera llega hasta el océano, el efecto de la niebla se manifiesta a partir de los 100 a 200 m. sobre el nivel del mar. La humedad aportada por la niebla marina, ha demostrado ser la razón de la presencia de la selva húmeda, cuya vegetación muestra un aspecto cerrado, de follaje mediano a grande, exuberante; los árboles llenos de musgos, bromeliáceas y trepadoras, son enormes captadores de humedad. Abundan los helechos y las orquídeas (Becker, 1999; Brennan, 2010).

Todas las cabeceras de las cuencas de la provincia de Santa Elena se encuentran en la cordillera Chongón-Colonche y estas presentan doce unidades geográficas de diferentes órdenes de cauce, considerando como las más extensas e importantes de los ríos Ayampe, Manglaralto, Valdivia, Viejo, Javita, Grande y Zapotal (Centro del Agua y Desarrollo Sustentable, 2013). Todas las cuencas y sus acuíferos dependen de la presencia del Bosque Protector para asegurar la captación de la humedad atmosférica, proteger el suelo de la acción directa de la lluvia, mantener la permeabilidad de los suelos, y evitar el temible proceso de la erosión hídrica en terrenos de empinadas y profundas laderas.

Sin embargo, es más difícil encontrar sectores donde el bosque húmedo mantenga su aspecto prístino. En su mayoría, se encuentra modificado por las actividades humanas. El hombre tala los árboles para su uso maderable y los reemplaza por pastos para el ganado, cultivos agrícolas, hortícolas o industriales como el pasto guinea, maíz, árboles frutales o paja toquilla, respectivamente, o simplemente abandona el lugar (Becker y Agreda, 2005; Becker y Ghimire, 2003; WWF, 2014). Se erosiona así la vegetación nativa y el suelo, y se modifica paulatinamente el clima, provocando la aparición de especies exóticas invasoras; se ha demostrado que en los trópicos húmedos, los pastos exóticos invaden con facilidad un bosque secundario que uno primario, influyendo negativamente sobre la regeneración de la vegetación original (Lyons-Galante y Haro-Carrión, 2017).

La introducción de plantas exóticas es considerada como una de las principales causas de la pérdida de la biodiversidad de la vegetación en el Ecuador (Estrella *et al.*, 2005). Un ejemplo de esta invasión en el bosque húmedo de la Cordillera Chongón-Colonche, es el del Pasto Guinea o Pasto Savoya (*Panicum maximum* Jacq.) en la zonas media y alta de Cinco Cerros (Lat. 1°41'54"S.; Long. 80°47'55"O.), Santa Elena. Esta gramínea fue introducida en América tropical desde África, en la primera mitad del siglo XX (Ayerza (h), 1983) y hoy se la encuentra vegetando en innumerables ecosistemas húmedos y sub-húmedos calientes y no inundables del Ecuador, degradados por la acción antrópica.

Entre las localidades de La Entrada (Lat. 1°43'50"S.; Long. 80°47'02"O.), en Santa Elena, y Ayampe (Lat. 1°40'38"S.; Long. 80°48'38"O.), en Manabí, donde la cordillera Chongón-Colonche llega hasta el mar, la traza de la ruta del Spóndylus se eleva sobre el terreno llegando a los 200 m de altura sobre el nivel del mar, bordeando las abruptas laderas típicas de la Selva de Garúa. En partes importantes de ella, la vegetación del bosque húmedo nativo ha sido reemplazada por pastos para el ganado, cambiando violentamente el equilibrio en que se hallaban estas tierras. Se provocan así frecuentes deslaves que interrumpen y dañan la carretera, debiéndose recurrir a maquinaria pesada para liberar y reparar la ruta, con los inconvenientes y costos que esto implica.

La falta de árboles evita la intercepción de la humedad de la niebla, continuando esta tierra adentro o perdiéndose por evaporación. Se desperdicia así una importante fuente de agua para incrementar el volumen de los acuíferos locales (Becker, 1999). La zona entonces acentúa sus características de sequedad e influye negativamente sobre el entorno de las tierras bajas que rodean a esta selva húmeda, poseedora de una vegetación muy distinta dominada por arbustos espinosos y plantas cactáceas típicas de ambientes áridos y semiáridos. Allí se encuentra asentada la inmensa mayoría de los emprendimientos turísticos, actividad de gran importancia para el progreso económico de las costas del noroeste de la provincia de Santa Elena y del suroeste de la provincia de Manabí (USAID, 2010).

En el noroeste de Santa Elena y suroeste de Manabí, las poblaciones costeras están asentadas en una estrecha faja de tierra entre el mar y la cordillera Chongón-Colonche. Esta faja es discontinua debido a serranías y acantilados producidos por intromisiones de la cordillera. De acuerdo con USAID (2010), el crecimiento del turismo experimentado en los últimos años está provocando una fuerte presión hacia las tierras altas en desmedro del Bosque Protector, pues las poblaciones no pueden expandirse en este angosto y segmentado espacio físico. A las costas ecuatorianas también llega la corriente de Panamá, agua caliente procedente del norte y que, al igual que la corriente fría, se interna en el océano Pacífico frente al centro-sur de la costa ecuatoriana. Cada 6-10 años la corriente cálida empuja a la de Humboldt haciéndola retroceder y provocando el fenómeno de El Niño, denominado así por su aparición en época cercana a la conmemoración de la Navidad. Este evento climático ocasiona fuertes lluvias que, si bien en parte sirven para alimentar los acuíferos, producen grandes catástrofes en toda la costa ecuatoriana-peruana arrasando carreteras, puentes, casas y cultivos (USAID, 2010).

Captación de agua y desarrollo turístico

La Cordillera Chongón-Colonche separa el sistema hidrológico de la Península de Santa Elena del correspondiente al río Guayas, específicamente del subsistema del río Daule (CEDEX, 1984). La imposibilidad de que el empobrecido sistema hidrológico de la provincia de Santa Elena abasteciera su desarrollo económico, fue la razón por la cual se construyó el transvase Daule-Santa Elena (Cornejo, 2003). El agua, indispensable para abastecer el consumo humano y riego agrícola, llega así a través de un sistema que comprende túneles, presas, canales revestidos y estaciones bombeadoras, hasta el reservorio de San Rafael, de donde es bombeada hasta la planta potabilizadora de Atahualpa primero, y de allí hasta la región metropolitana de La Libertad-Santa Elena-Salinas.

Sin embargo, este proyecto dejó fuera de su alcance a numerosas poblaciones rurales (Centro del Agua y Desarrollo Sustentable, 2013), como así también a las turísticas a lo largo de la ruta del Spóndylus en el noroeste de la provincia, debiendo estas recurrir a los acuíferos locales para su abastecimiento de agua. La cordillera Chongón-Colonche en general y la sección correspondiente a la Selva de Garúa en especial, conforman un sistema hídrico fundamental para el desarrollo turístico de la franja costera de la provincia de Santa Elena, especialmente la localizada al norte de Ayangué, y al suroeste de la provincia de Manabí, desde poco antes de la localidad de Machalilla (Lat. 01°28'50"S.; Long. 80°45'44"O.) hacia el sur. Este sistema alimenta los ríos y napas freáticas de donde se obtiene el agua de uso diario en los centros poblados localizados en las tierras áridas y semiáridas de esta región.

Los Bosques de Garúa son ecosistemas que atrapan grandes cantidades de agua atmosférica y proporcionan una inmensa cantidad de ese líquido vital para uso humano. Su suelo actúa como una verdadera esponja captando no sólo el agua sino otros elementos que le sirven como nutrientes (Jardín Botánico de Guayaquil, 2012). El nivel de agua aportado por la intercepción de la humedad de la niebla depende de la velocidad del viento, del contenido de agua, de la duración del evento, como así también de la superficie y geometría de la vegetación (Holwerda *et al.*, 2010).

En la comuna de Loma Alta (Lat. 01°51'02"S.; Long. 80°36'24"O.), Santa Elena, se realizaron mediciones como parte del proyecto de la Kansas State University, U.S.A., denominado Bosque Protector, destinado a proteger la flora y la fauna endémica localizada entre los 600 y los 800 m sobre el nivel del mar. Según los informes de C. Becker (1999), dichas mediciones determinaron que la precipitación promedio total anual (vertical más horizontal) incluyendo 120 días de garúa, fue de $2,4 \times 10^6$ l/ha⁻¹. Se calculó entre 40 y 58% de este valor el aporte de la lluvia horizontal. Se concluye que sólo el reemplazo del Bosque de Garúa por pastos para el ganado implica una pérdida de $1,9 \times 10^6$ l/ha⁻¹ por año; dado que el volumen de lluvia vertical no presentó variación entre cubiertas vegetales, se determinó una captación de la lluvia horizontal sensiblemente menor que la del bosque original.

Así también, C. Becker (1999) reportó que en un desmonte de 200 hectáreas realizado por la comuna en una ladera orientada al oeste y situada arriba de los 600 m de altura, el Bosque de Garúa fue reemplazado por pastos para el ganado. Esto implicó una pérdida de $1,9 \times 10^6$ lts/ha.-1, es decir 380 millones de litros de agua en las 200 hectáreas. Haciendo un cálculo conservador sobre el total de lluvia recibida, quedando disponible un 10 % para la población como agua subterránea debido a la infiltración de la lluvia a través de los suelos, la comuna está perdiendo al menos 38 millones de l/año. Actualizando los datos económicos utilizados en 1997 por Becker (1999) y aplicando el precio de 0,9 centavos de US\$/l imperante durante la temporada alta de 2018 para el agua llevada en camión hasta una distancia de 25 km del río Ayampe, se puede decir que los 38 millones de litros significarían una pérdida económica anual para la comuna de US\$ 342 000. Una de las actividades agropecuarias más desarrollada desde el punto de vista de la utilización de especies nativas del ecosistema de la Selva de Garúa, es la recolección manual del llamado Marfil Vegetal o Palma Tagua. Las semillas de *Phytelephas aequatorialis* S. son muy utilizadas en la producción de artesanías y utensilios de uso diario y sus hojas, denominadas Cade, se emplean en la construcción de los techos de las casas (USAID, 2012).

Otra especie nativa muy apreciada es la paja toquilla (*Carludovica palmata* Ruiz & Pav.), la cual es colectada manualmente y comercializada por su fibra, siendo empleada, entre otros usos, para la confección de los famosos sombreros de Paja Toquilla, también llamados Panamá (USAID, 2013). Hace un siglo, la principal actividad productiva en el cantón de Santa Elena, al cual pertenece todo el noroeste de la provincia, era la manufactura a gran escala de este tipo de sombrero que, como producto de exportación del país llegó a colocarse en el tercer lugar, siendo declarado por la UNESCO "Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad" en el año 2012 (Centro del Agua y Desarrollo Sustentable, 2013; Ministerio de Turismo, 2012).

La gran demanda de esta especie provocó la deforestación de áreas del Bosque de Garúa primario en algunas comunas, como es el caso de la de Loma Alta donde se desmontaron terrenos ubicados arriba de los 400 m de altura, en la ladera orientada al este, para reemplazarlos por cultivos puros de Paja Toquilla. Esta nueva cobertura vegetal disminuyó su aporte al acuífero utilizado por la comuna, 540.000 lts/ha/año de agua, en comparación con la aportada por el bosque húmedo a igual altura y orientación (Becker, 1999).

El descenso en la disponibilidad del agua en la comuna de Loma Alta ocurrida con posterioridad a las deforestaciones allí realizadas, es asociada a esta transformación del paisaje original (Becker y Agreda, 2005).

Los bosques tienen gran importancia en la provisión de agua en la zona, ya que regulan el clima y filtran y retienen el agua de las nieblas costeras. Esta acción protectora del bosque es de vital importancia en una región en donde escasean los cursos hídricos permanentes y prácticamente no existen fuentes importantes de agua subterránea. Con la disminución de la superficie cubierta de árboles, las laderas altas y las tierras bajas se vuelven más áridas y los acuíferos más pobres (Becker, 1999; Centro del Agua y Desarrollo Sustentable, 2013).

Esta dramática carencia de agua se ha ido agudizando no sólo con la deforestación, sino también debido al aumento de la demanda originada por el fuerte desarrollo de la industria turística de la región (Brennan, 2010; USAID, 2010).

En la posada La Rinco se implementó un simple y efectivo sistema para coleccionar el agua proveniente de la condensación de la humedad de la niebla marina y de la lluvia. La Rinco está ubicada en la Provincia de Santa Elena, comuna La Entrada, en la localidad de La Rinconada. Fitogeográficamente, La Rinco se halla enclavada en el noroeste de la cordillera Chongón-Colonche (Lat. 01°42'41"S.; Long. 80°47'49"O.) frente al Océano Pacífico, a 107 m sobre el nivel del mar, en un ecotono entre el Bosque Deciduo y la Selva de Garúa.

La Rinco, al igual que innumerables establecimientos turísticos circundantes, carecía de agua corriente. El agua a utilizar se acarrea desde el río Ayampe, implicando circulación de camiones tanques que queman combustible, dañan los caminos y causan ruidos que perturban el hábitat natural; un muy alto costo de funcionamiento. Por lo tanto se determinó e instaló un sistema sencillo y eficiente de recolección de agua. Para ello se recurrió a un diseño que permite coleccionar el agua de lluvia que escurre por los techos de las construcciones existentes en su predio. Así también recoge el agua producida por la llovizna y la condensación de la humedad de la niebla marina cuando esta contacta la estructura del sistema. El agua es conducida a través de canaletas a una cisterna de almacenamiento y de allí se distribuye a los lugares de consumo. Todo el funcionamiento es por gravedad. El sistema le permite a La Rinco coleccionar 40 mil l/año, de una superficie de 60 m² significando un ahorro de 30 % del agua necesaria para funcionar normalmente (R. Ayerza Polledo, 2015, comunicación personal, La Rinconada, Santa Elena, Ecuador).

En el año 2017 la localidad de La Rinconada implementó una red de agua domiciliaria, a partir de una fuente subterránea perteneciente a la cuenca del río Ayampe en su sector correspondiente a la provincia de Santa Elena, y distante unos cinco kilómetros hacia adentro de la cordillera Chongón-Colonche. Así, La Rinco quedó conectada a la red municipal; sin embargo, el sistema de captación no sólo continúa en funcionamiento, sino que se piensa en aumentarlo. Eso se debe a que si bien la red domiciliaria es un adelanto social indiscutible al facilitar el acceso al agua, y en adición su costo es significativamente menor que el de transportarla en camión, este sistema de captación sigue haciendo una relativamente importante contribución a la disminución de los costos del agua corriente y es un seguro ante las disminuciones temporales de los niveles del acuífero del río Ayampe (Ayerza Polledo, 2018, comunicación personal, La Rinconada, Santa Elena, Ecuador). Esta captación del agua de lluvia disminuye las escoorrentías erosivas que se producen por la falta de absorción de los suelos debido a las compactaciones e impermeabilizaciones típicas de los terrenos circundantes a las hosterías. Así, al no poder ingresar como enriquecedora de los acuíferos subterráneos, el agua termina perdiéndose en el mar.

Respecto del aprovisionamiento de agua desde el río Ayampe se debe señalar que este baja su caudal periódicamente debido a las sequías y a los problemas de erosión que sufre en su cuenca de captación (59.400 ha) originada en la cordillera Chongón-Colonche y repartida entre las provincias de Santa Elena y Manabí (Brennan, 2010; CNRH, 2002; Poats y Rodríguez, 2008), produciendo importantes restricciones de abastecimiento. En cuanto a la cuenca en su conjunto, superficial y subterránea, los estudios disponibles justifican la necesidad de considerarla en estado de emergencia ya que la escasez del recurso hídrico es cada vez mayor (CNRH, 2002; Poats y Rodríguez, 2008). En los últimos siete años, el incremento en la demanda de agua de la cuenca de este río durante la temporada alta de turismo, llevó a subir su precio 2,5 veces pasando de 0,37 a 0,90 centavos de US\$/l. Este costo está calculado en base al agua entregada por camión cisterna con capacidad para llevar 8.000 litros, puesta en destino a no más de 25 km de la localidad de Ayampe. Si la comparación se hace entre el precio de temporada alta actual y el pagado en 1997 - 0,13 centavos de US\$/l (Becker, 1999), la suba es de 692 %, casi siete veces más.

La temporada alta de turismo es la correspondiente al verano del hemisferio sur, aunque en la región se la conoce como invierno porque coincide con la época de lluvias a la que asocian históricamente con esta estación del año. Desde hace unos quince años se comenzó a promocionar la temporada de ballenas que se extiende de junio a septiembre, época en que las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae* Borowski) llegan desde la Antártida para reproducirse y parir sus ballenatos en las aguas cálidas del Ecuador. Esto ha producido un gran crecimiento en el turismo del noroeste de Santa Elena y suroeste de Manabí. Desde 1998 se celebra en Puerto López (Lat. 01°34'01" S.; Long. 80°49'01" O.), Manabí, la "Fiesta Científica del Avistamiento de la Ballena Jorobada" con el fin de promocionar la temporada. Este evento del avistamiento atrajo a 35 mil turistas en 2014 y 40 mil en 2015, interesados en embarcarse para poder observar las ballenas y sus ballenatos (Gobierno del Ecuador, 2018). Si bien las embarcaciones para el avistamiento de las ballenas salen en su mayoría de Puerto López y en menor escala desde el puerto de Salango, ambos en la provincia de Manabí, el incremento del turismo ha provocado el crecimiento de las localidades del noroeste de Santa Elena debido a la corta distancia que las separan de dichos puertos. A excepción de Puerto López, ellas cuentan con mayor infraestructura turística que sus vecinas de Manabí (USAID, 2010). Así, las ballenas han comenzado a convertir estos

meses en una segunda temporada turística, lo que implica un importante aumento en la demanda de agua cuando no llueve y la recarga de los acuíferos depende solamente de la llovizna y niebla marina. Otra actividad que está incrementando significativamente la recepción de turismo en la zona, es la observación de aves; la considerable diversidad existente en la región es un gran atractivo para el público visitante. Este movimiento está siendo promocionado esencialmente por el sector privado a través de asociaciones y publicaciones específicas sobre las aves de la región (Ayerza Polledo, 2017).

Debido al aumento en la demanda, concomitantemente con el agotamiento de los acuíferos locales, el municipio de Puerto López ha tenido que recurrir al río Ayampe para poder suministrar agua a todo el cantón. Sin embargo, el estado evidente de emergencia hídrica de la cuenca del río Ayampe debe poner en alerta, además de a Puerto López, a las otras poblaciones costeras del suroeste de la provincia de Manabí a lo largo de la ruta del Spóndylus, como las de Ayampe, Las Tunas, Río Chico, Puerto Rico, Salango, Machalilla, etc., que dependen principalmente de ella para la provisión de agua (USAID, 2010).

La difícil situación hídrica del suroeste de la provincia de Manabí se repite en el noroeste de la provincia de Santa Elena, en localidades como La Rinconada, La Entrada, Nuez, Curía, Olón, San José, Montañita, Manglaralto, Cadeate, Simón Bolívar, Valdivia, etc. Las recargas de los acuíferos de los que se proveen de agua dulce dependen esencialmente del río Ayampe y/o de pequeñas cuencas hidrográficas también originadas en la cordillera Chongón-Colonche. Ellas convergen en ríos de corto recorrido que permanecen con agua sobre la potencial área de recarga sólo dos meses por año, descargando su mayor volumen en el mar (Berrezueta *et al.*, 2013; WWF, 2014). Este estado de situación provoca reiteradas y prolongadas faltas de agua en estas comunidades, lo cual plantea interrogantes sobre su futuro, ya que es donde se asientan los balnearios con mayor proyección turística en la ruta del Spóndylus, en el trazado correspondiente al noroeste de la provincia de Santa Elena (USAID, 2010).

Esta característica típica de las cuencas hidrográficas de la cordillera Chongón-Colonche ya había sido interpretada por los antiguos habitantes de la región. Las investigaciones arqueológicas allí realizadas han demostrado que la cultura Valdivia, entre el 2000 y el 1500 a.C., había logrado coleccionar el agua de lluvia a través de obras llamadas albarradas. Ellas embalsaban parte de las aguas que llevaban estos ríos y arroyos temporales, permitiendo un mayor tiempo de infiltración para una mejor recarga de los acuíferos. Eficientizaban así el uso del agua de lluvia, aumentando el volumen disponible y extendiendo el período de riego de sus tierras de cultivo localizadas en el fondo de los valles (Marcos, 2005). La construcción de este tipo de infraestructura, tanto hace 4000 años como hoy día, implica consensos políticos y sociales amplios y trascendentes (Becker, 1999; Marcos, 2005). En el noroeste de la provincia de Santa Elena y sudoeste de la de Manabí, en donde las poblaciones están avanzando sobre las laderas de la Cordillera Chongón-Colonche, la puesta en marcha de un plan destinado a difundir en el creciente número de posadas turísticas el sistema de captación de agua utilizado en La Rinco, significaría un ahorro en el volumen y costos del agua bombeada de los acuíferos originados en esta cordillera. Esto ayudaría a disminuir la creciente presión que están soportando las limitadas cuencas locales, y para las posadas significarían valores de ahorro de agua que, dependiendo de las precipitaciones y la superficie de captación, podrían ser tan importantes como los 40 000 l/año contabilizados en La Rinco. Todos estos establecimientos ya cuentan con cisternas de almacenamiento, por lo que sólo deberían implementar el sistema de recolección.

CONCLUSIONES

En la provincia de Santa Elena, el futuro de las generaciones venideras está necesariamente ligado a la productividad de las tierras áridas y semiáridas relativas a la cordillera Chongón-Colonche y su Bosque Protector. Esto constituye razón suficiente para actuar y detener el proceso de desertificación al que se ve sometido este frágil ecosistema. Así también, la implementación en el noroeste de sistemas de captación como el señalado permitirá la eficiencia en la utilización de los escasos recursos disponibles como lo es el agua de lluvia entre los meses de enero y abril, y la humedad que llega en forma de llovizna y niebla marina durante el período junio-octubre.

Hace 4000 años los antiguos ecuatorianos ya conocían el problema del agua dulce en la costa del Pacífico y demostraron que sabían qué hacer para mitigar esta problemática que hoy amenaza el crecimiento económico del noroeste de Santa Elena y el suroeste de Manabí. Pero hasta que la sociedad moderna en su conjunto llegue a comprender la importancia de esta ancestral tecnología y entonces se construyan albarradas contemporáneas, implementar sistemas que palien esta difícil situación será sin dudas un paso adelante en el camino a recorrer buscando la sustentabilidad de esta importante región costera ecuatoriana.

BIBLIOGRAFIA

- Ayerza (h), R. (2017). *Ganadería en tierras áridas: oportunidad productiva sustentable*. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, Argentina.
- Ayerza (h), R. (2011). The seed's oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) var. Iztac 1, grown under six tropical ecosystems conditions. *Interciencia* 36(11):621-624.
- Ayerza (h), R. (1985). *Nuevas posibilidades para el desarrollo de las regiones áridas y semiáridas*. In: *Proceedings of the IV reunión de intercambio tecnológico en zonas áridas y semiáridas*. Centro Argentino de Ingenieros Agrónomos, Salta, Argentina, pp. 1:80-114.
- Ayerza (h), R. (1983). *Pasturas tropicales*. In: Helman, M., Ganado Tropical. Editorial Ateneo, Buenos Aires, Argentina.
- Ayerza (h), R. y Coates, W. (2009). Some quality components of four chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes grown under Tropical Coastal Desert ecosystem conditions. *Asian Journal of Plant Science* 8(4):301-307.
- Ayerza (h), R., Díaz, R. y Karlin, O. U. (1988). *Management of Prosopis in livestock production systems in the Dry Chaco, Argentina*. In: *The Current State of Knowledge on Prosopis juliflora*. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, Italy, pp.479-494.
- Ayerza Polledo, R. (2017). *Shorebirds in Ecuador - Aves de la Costa de Ecuador: Santa Elena, Manabí & Galápagos*. Version English-Spanish. Editorial A Ojo, La Rinconada, Santa Elena, Ecuador.
<https://www.amazon.com/Shorebirds-Ecuador-Aves-costa-Spanish-ebook/dp/B076DW9ZDR>
- Barrow, C. J. (1994). *Land degradation*. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain.
- Becker, C. D. (1999). Protecting a Garúa Forest in Ecuador: The Role of Institutions and Ecosystem Evaluation. *Ambio* 28(2):156-161.

Ayerza, R. (2019). Importancia hídrica de los bosques de la cordillera Chongón-Colonche para las tierras áridas del noroeste de Santa Elena. *Bosques Latitud Cero*, 9(1): 16-30.

- Becker, C. D. y Ágreda, A. (2005). Bird community differences in mature and second growth Garúa Forest in Machalilla National Park, Ecuador. *Ornitología Neotropical* 16:163-180.
- Becker, C. D. y Ghimire, K. (2003). Synergy between traditional ecological knowledge and conservation science supports forest preservation in Ecuador. *Conservation Ecology* 8(1):1. <http://www.consecol.org/vol8/iss1/art1/>
- Berrezueta, E., Arenas-Montes, L., Herrera, G., Saeteros, M. y Olaya, P. (2013). *Valoración de la gestión de recursos naturales mediante la medida de la Huella Ecológica (HE). Cuenca de Manglaralto*. In: Técnicas aplicadas a la caracterización y aprovechamiento de recursos geológico-mineros, E. Berrezueta y M. J. Domínguez-Cuesta, eds., Red Minería XXI, CYTED e Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, España.
- BirdLife International. (2018). Important bird areas factsheet: Bosque Protector Chongón-Colonche. <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/bosque-protector-chongón-colonche-iba-ecuador/tex>
- Bonifaz, C. y Cornejo, X. (2004). *Flora del Bosque de Garua (Arboles y Epifitas) de la comuna Loma Alta, cordillera Chongón-Colonche*, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Brennan, R. (2010). Un estudio ecológico de las lagartijas del valle seco de Buenavista y de los valles húmedos de La Josefina y Salango. *ISP Collection*, Paper 828, 22p.
- CEDEX. 1984. *Plan hidráulico acueducto Santa Elena. Centro de Estudios Hidrográficos*, Centro de Estudio y Experimentación de Obras Públicas, Madrid, España, 67p.
- Centro del Agua y Desarrollo Sustentable. (2013). *Proyecto de evaluación de vulnerabilidad y de riesgo de desastres a nivel municipal en el Ecuador. Análisis de vulnerabilidad Cantón Santa Elena Documento preliminar*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, ECHO/DIP/BUD/2011/91002, Ecuador.
- CNRH-Consejo Nacional de Recursos Hídricos. (2002). *División hidrográfica del Ecuador*. Ministerio del Ambiente, Quito, Ecuador.
- Cornejo, C. (2003). *Use of an evapotranspiration model and a geographic information system (GIS) to estimate the irrigation potential of the trasvase system in the Santa Elena Peninsula, Guayas, Ecuador*. A Thesis presented to the Graduate School of the University of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Florida, U.S.A.
- Dodson, C. H. y Gentry, A. H. (1991). Biological extinction in Western Ecuador. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 78(2):273-295.
- Estrella, E. (1995). *La Flora Huayaquilensis de Juan Tafalla: 1799-1808*. Banco del Progreso y Jardín Botánico de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Estrella, J., Manosalvas, R., Mariaca, J. y Ribadeneira, M. (2005). *Biodiversidad y recursos genéticos: una guía para su uso y acceso en el Ecuador*. Editorial Abya Yala, Quito, Ecuador, pp.5-116.
- Gobierno del Ecuador. (2018). Puerto López inaugura la temporada de avistamiento de ballenas jorobadas. Sistema de Información Oficial El Ciudadano. <http://www.elciudadano.gob.ec/puerto-lopez-inaugura-la-temporada-de-avistamiento-de-balle-nas-jorobadas/>

- Holwerda, F., Bruijnzeel, L. A. y Scatena, F. N. (2010). *Comparison of passive fog gages for determining fog duration and fog interception by a Puerto Rican elfin cloud forest*. In: Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management. Bruijnzeel, L. A. Scatena, F. N. y Hamilton, L. S., eds., Cambridge University Press, Cambridge, U.K., pp.275-281.
- Hopkins, S. T. y Jones, D. E. (1983). *Research guide to the arid lands of the world*. Oryx , Phoenix, Arizona, U.S.A.
- Hueck, K. (1978). *Los bosques de Sudamérica, composición e importancia económica*. Instituto de Silvicultura de la Universidad Georgia Augusta de Gotinga, GTZ, Eschborn, Alemania.
- Jardín Botánico de Guayaquil. (2012). *Bosque de Garúa*. Cartelera Informativa. Jardín Botánico de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Lyons-Galante, H. R. y Haro-Carrion, X. (2017). Effect of distance from edge on exotic grass abundance in tropical dry forests bordering pastures in Ecuador. *Journal of Tropical Ecology* 33:170-173.
- Marcos, J. G. (2005). *Los pueblos navegantes del Ecuador prehispánico*. Ediciones Abya-Yala, Quito, Ecuador.
- Ministerio de Turismo. (2012). Sombrero de Paja Toquilla es Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad. INPC/MINTUR, <http://www.turismo.gov.ec/sombrero-de-paja-toquilla-es-patrimonio-cultural-inmaterial-de-la-humanidad/>
- Neill, D. A. (1999). *Vegetation*. In: Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. P.M. Jrrgensen y S. López-Yáñez, eds. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, Missouri, U.S.A., pp.13-41.
- Poats, S. V. y Rodríguez, S. (2008). *Identificación de actores clave para el manejo de la cuenca del río Ayampe*. Corporación Grupo Randi Randi y The Nature Conservancy, Quito, Ecuador.
- Salvatierra, B., Ortega, J. y Amador, L. (2010). *Evaluación ecológica rápida de la Herpetofauna en la cordillera Chongón Colonche*, Ecuador. Investigación Tecnología e Innovación Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, pp.52-74.
- Sarmiento, F. (1986). *Desde la selva hasta el mar: antología ecológica del Ecuador*. Casa de la Ecuatoriana. Quito, Ecuador.
- Sierra, R. 2013. *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010 y un acercamiento a los próximos 10 años*. Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends, Quito, Ecuador.
- USAID-Ecuador. (2010). Diagnóstico de la situación actual del turismo costero en la cuenca baja del río Ayampe. USAID Contrato No. EPP-I-00-06-00013-00 TO #377, 38p.
- USAID-Ecuador. (2012). *Buenas prácticas para el manejo de la tagua (Phytelephas aequatorialis Spruce), con énfasis en la cordillera Chongón-Colonche*. USAID Contrato No. EPP-I-00-06-00013-00 TO #377.
- USAID-Ecuador. (2013). *Manejo de toquilla en comunidades de Chongón Colonche*. USAID No. EPP-I-00-06-00013-00 TO #377.
- Vargas, M. (2002). *Ecología y biodiversidad del Ecuador*. E. P. Centro de Impresión, Guayaquil, Ecuador.
- WWF-World Wildlife Foundation. (2014). *Ecuadorian dry forests*. https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Ecuadorian_dry_forests

Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Ilex guayusa* Loes.

Anatomical features and physical properties in the wood of *Ilex guayusa* Loes.

Montaño Jessenia^{1*}
Rosillo Edith¹
Zhiñin Hector²,
Pucha-Cofrep Darwin^{1,2} 

¹Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador

²Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales, Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador

*Autor para correspondencia: jessenia.montano@unl.edu.ec

Recibido: 31/03/2019

Aprobado: 06/05/2019

RESUMEN

Ilex guayusa Loes tiene un alto valor cultural en las comunidades amazónicas de Ecuador y su uso ha trascendido a la sociedad en general por sus propiedades medicinales, principalmente de sus hojas que adicionan un valor comercial en los últimos años. Poco se conoce sobre la estructura anatómica microscópica de su madera y sus propiedades físicas que se convierten en el objetivo de esta investigación a nivel de ramas, tronco y raíz. El material vegetal fue colectado en el sector Guayzimi, provincia de Zamora Chinchipe. Se identificó las características anatómicas en base a la normativa IAWA en planos transversal, tangencial, y radial; para las propiedades físicas se obtuvieron probetas de diferentes tamaños. Los resultados de propiedades físicas obtenidos en la madera de tronco, rama y raíz respecto a la densidad básica fueron de 0,56 g/cm³, 0,56 g/cm³ y 0,63 g/cm³, el contenido de humedad 83,75 %, 67,26 % y 70,16 %; y contracción volumétrica 11,44 %, 11,05 % y 11,13 % en forma respectiva. En lo anatómico la longitud de los vasos de 641,15 μm, 743,37 μm y 92,65 μm y la longitud de fibras 991,48 μm, 619,64 μm y 769,60 μm en tronco, rama y raíz, respectivamente. Las características anatómicas cualitativas fueron similares en toda la planta, exceptuando la presencia de drusas en el parénquima radial del tronco y cristales prismáticos en fibras de la raíz.

Palabras clave: Anatomía de la madera, ramas, raíces, tronco, propiedades físicas.

ABSTRACT

The *Ilex guayusa* Loes species has a high cultural value in the Amazonian communities of Ecuador and its use has transcended society in general for its medicinal properties, thus increasing its commercial value in recent years. However, the knowledge about their plant physiology is limited, even more about the microscopic anatomical structure of its wood. Therefore, this study has as purpose generated a first description of the microscopic characteristics and physical properties of wood in branches, trunk, and root. The samples were collected in the Guayzimi sector, Zamora Chinchipe province with two repetitions. The anatomical characteristics were identified based on the IAWA regulations in transverse, tangential, and radial planes. For physical properties, were obtained specimens of different sizes. The results obtained in trunk, branch and root wood with respect to the basic density were 0,56 g / cm³, 0,56 g / cm³ and 0,63 g / cm³, respectively; the moisture content 83,75 %, 67,26 % and 70,16 %; and volumetric contraction 11,44 %, 11,05 % and 11,13 %. The vessels length 641,15 μm, 743,37 μm and 92,65 μm and the fibers length 991,48 μm, 619,64 μm and 769,60 μm in trunk, branch and root, respectively. The qualitative anatomical characteristics were similar throughout the plant, except for the presence of drusen in the radial parenchyma of the trunk and prismatic crystals in root fibers, which confers greater hardness and resistance to this part of the plant.

Keywords: Anatomy of wood, branches, roots, trunk, physical properties.

INTRODUCCIÓN

El estudio de las interacciones entre seres humanos y plantas a través del tiempo y en diferentes ambientes, específicamente lo relacionado al uso de la flora, tiene especial importancia ya que un gran porcentaje de la población mundial, en particular en países subdesarrollados, emplean plantas para afrontar las necesidades primarias, un claro ejemplo es el suministro de bienes y servicios ambientales (Angulo, Rosero y González, 2012; Arias-Toledo, Galetto y Colantonio, 2007; Canales *et al.*, 2006; Luna-Morales, 2015), este campo ha adquirido interés e importancia en las últimas décadas debido a la pérdida acelerada del conocimiento tradicional y a la degradación de los bosques (Castellanos-Camacho, 2011; Hernández-Ramos, Ávila-Bello y Morales-Mávil, 2007; Menseguez, Galetto y Anton, 2007; Toledo, Trillo y Grilli, 2010; Zambrano-Intriago, Buenaño-Allauca, Mancera-Rodríguez y Jiménez-Romero, 2015).

La región Amazónica de Ecuador posee una amplia biodiversidad en el nivel ecosistémico, específico, genético y étnico cultural, traduciéndose en un amplio y profundo entendimiento de su medio ambiente y ecología por parte de las comunidades autóctonas, permitiendo así la consecución de amplios conocimientos que constituyen una base importante para la conservación de la biodiversidad global (Jácome, Tanchima, Santi y Vargas, 2012; Lalama, Montes y Zaldumbide, 2016; Townsend, 2003; Uzendoski, 2015), para el fortalecimiento de estos conocimientos es de fundamental importancia generar información acerca de las características anatómicas, propiedades físicas y mecánicas, que contribuyan al manejo sustentable de las especies forestales.

En esta perspectiva el género *Ilex*, con un número aproximado de 400 especies, siendo el más importante de la familia Aquifoliaceae, se distribuye en todas las áreas tropicales del mundo y se extiende a regiones templadas hasta 65°N (América, Eurasia) y 35°S (América, África), en los trópicos se encuentra una serie de especies en el bosque montano, así como también en los bosques de tierras bajas de la amazonia ecuatoriana (Baas, 1973).

Para Ecuador se reportan 32 especies del género *Ilex*, resaltándose la especie *Ilex guayusa*, que se distribuye de 0-1500 m s.n.m. (Jørgensen y León-Yáñez, 1999), y alcanza un tamaño hasta 10 m de altura y un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 50-80 cm, tienen una copa irregular y presentan un follaje denso, su fuste tiene corteza blanca y textura lisa, sus ramas son extendidas y flexibles, posee hojas de color verde-oliváceas, enteras, oblongo-elípticas, simples, alternas, coriáceas, dentadas, glabras o subglabras en el haz y envés, ápice acuminado, base aguda, 15-21 cm de largo, 5- 7,5 cm de ancho, pecíolo corto de 1 cm de largo, el fruto es una baya globosa de 1 cm de ancho y verde, la flor posee una corola blanco verdosa con pétalos obtusos, estambres en igual número que los pétalos, anteras oblongas, ovario sécil subgloboso y usualmente con 4-6 cavidades (Schultes, 1972).

También se la conoce como planta sagrada de las nacionalidades indígenas, quienes atribuyen propiedades curativas; también forma parte de la agrobiodiversidad amazónica, y es empleada por los pueblos amazónicos (Kichwas) en la preparación de una infusión considerada energizante y útil para prevenir el envejecimiento, limpiar el estómago de toxinas, y demás (Alvarado, 2016; De la Torre, Navarrete, Muriel, Macía y Balslev, 2008; Lalama, Montes y Zaldumbide, 2016).

I. guayusa por su alto valor cultural en las comunidades amazónicas, en los últimos años ha trascendido notablemente su uso, convirtiéndose en una fuente importante de ingresos económicos. Sin embargo, su fisiología vegetal no es bien conocida, y mucho menos su estructura anatómica microscópica, debido a que las investigaciones acerca de la madera de esta especie es relativamente nueva, por tanto, existe un vacío de información científica, motivo por el cual se presenta esta primera descripción, con el propósito de conocer las diferencias o similitudes microscópicas y determinar las propiedades físicas entre la madera del tronco, ramas y raíces de la especie, información que se puede considerar una base para posteriores estudios y proyectos encaminados a garantizar la sostenibilidad de la especie.

■ MATERIALES Y METODOS

Ubicación geográfica

Las muestras de xilema, material de estudio corresponde a muestras extraídas de tronco, ramas y raíz de dos individuos de *Ilex guayusa* L., procedentes del sector Guayzimi, cantón Nangaritza, parroquia Guayzimi, al sur oriente de la provincia de Zamora Chinchipe



Figura 1. Ubicación del sitio de muestreo.

Colección de muestras y análisis de laboratorio

Se seleccionó dos individuos, tomando en cuenta un buen estado fitosanitario, así como un fuste recto; de estos individuos se colectó muestras de tronco, rama y raíz. En el caso de la rama y el tronco la sección de madera cortada tuvo la siguiente dimensión: 100 cm de longitud x 10 cm de diámetro, de las cuales se obtuvieron tres probetas medianas en tronco y cuatro en la rama de 16 x 5,7 x 2,2 cm, cuatro probetas pequeñas de 10 x 2,5 x 2,5 de tronco y rama, y una sección transversal (rodaja) con 2,5 cm de espesor de donde se obtuvieron 10 cubos de 1 cm³. Para la sección de la raíz se colectó una muestra de 50 cm longitud x 5 cm de diámetro, y se obtuvo 3 probetas con dimensiones: 5 x 2 x 2 cm. También se extrajo muestras de rama y raíz con las siguientes dimensiones 5 cm x 0,5 cm de diámetro para la obtención de cortes transversales con parafina. Mediante el pesaje y medición de las dimensiones de las probetas se obtuvo el contenido de humedad, contracción volumétrica y densidades en: verde, equilibrio, anhidra y básica a través de ensayos de propiedades físicas, para ello se utilizaron probetas pequeñas del tronco y rama (10 x 2,5 x 2,5 cm) y para raíz (5 x 2 x 2 cm), debido a la limitante de la morfología de la raíz en la obtención de probetas con mayor dimensión.

En el Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales, de la Universidad Nacional de Loja donde se procedió a obtener tres cortes en los planos transversal, tangencial y radial de los cubitos de 1 cm³ de cada parte del árbol (tronco, rama y raíz), aplicándose la metodología propuesta por Feijoo, Ramón y Pucha-Cofrep (2018). Se realizó la caracterización anatómica, tanto cualitativa como cuantitativa mediante la observación de los cortes con el microscopio trinocular OLYMPUS, con cámara incorporada y el software Infinity Analyze, usando los lentes de 4x, 10x, 20x y 40x, en base a la nomenclatura internacional propuesta por AIWA (Wheeler, Baas y Gasson, 2016). También se elaboró una base fotográfica digital que permitió evidenciar las principales características anatómicas cualitativas del tronco, rama y raíz principal. Se utilizó el paquete InfoStat para el análisis estadístico (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valor máximo y mínimo) y se determinó la existencia de diferencias significativas entre los resultados del tronco, ramas y raíz aplicándose un análisis de la varianza.

RESULTADOS

Propiedades físicas

El contenido de humedad en la madera del tronco, rama y raíz de *Ilex guayusa* Loes. fue de 83,75 %, 67,26 % y 70,16 %; mientras que la contracción volumétrica de 11,44 %, 11,05 y 11,13% en forma respectiva. Los valores de densidad en verde fueron de 1,04 g/cm³, 0,93 g/cm³ y 1,07 g/cm³, en equilibrio de 0,65 g/cm³, 0,63 g/cm³ y 0,74 g/cm³, anhidra de 0,64 g/cm³, 0,63 g/cm³ y 0,71 g/cm³ y básica de 0,56 g/cm³, 0,56 g/cm³ y 0,63 g/cm³, respectivamente. Para facilitar una mayor interpretación, los valores de propiedades físicas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físicas de la madera en *Ilex guayusa* Loes.

Variabes	Tronco	Rama	Raíz
Contenido de humedad [%]	83,75 (B)	67,26 (A)	70,16 (A)
Densidad en verde [g/cm ³]	1,04 (B)	0,93 (A)	1,07 (B)
Densidad en equilibrio [g/cm ³]	0,65 (A)	0,63 (A)	0,74 (B)
Densidad anhidra [g/cm ³]	0,64 (A)	0,63 (A)	0,71 (B)
Densidad básica [g/cm ³]	0,56 (A)	0,56 (A)	0,63 (B)
Contracción volumétrica [%]	11,44 (A)	11,05 (A)	11,13 (A)

(A)(B)=diferencia significativa (p<0,05); (A)(A)=no hay diferencia significativa (p>0,05)

Características microscópicas

De acuerdo con análisis microscópico de cortes anatómicos se evidenciaron características cualitativas similares entre el tronco, ramas y raíz principal. Los anillos de crecimiento poco visibles y con poros difusos. Los vasos (Fig. 2) se encontraron en su mayoría dispuestos en patrones radiales de 2 a 3, presentan perfil angular, poseen dos diámetros distintos.

Las placas de perforación (Fig. 3) son escalariformes con 20-40 barras y sus punteaduras (Fig. 4) en su mayoría son intervascuales opuestas (4-7 μm) y en menor cantidad son escalariformes. Se reportó presencia variable de tilosis común solamente en ramas. Las fibras presentaron espesor de pared mediano. Se observó parénquima (Fig. 5) axial apotraqueal difuso en agregados. Radios (Fig. 6) de dos tamaños distintos, de un ancho variable de cuatro a diez series, con células procumbentes con más de cuatro filas de células verticales y/o cuadradas marginales (presencia variable).

Presencia de cristales prismáticos (Fig. 7) en células de radios (cuadradas, procumbentes) y parénquima axial en tronco y ramas; cabe destacar que en las raíces se encontraron cristales prismáticos dentro de las fibras y únicamente en el tronco se evidenció drusas en células de parénquima radial. (Tabla 2).

Tabla 2. Características microscópicas en madera de *Ilex guayusa* (Normativa IAWA)

Cód.	Característica	Tronco	Ramas	Raíz
2.	Anillos de crecimiento poco visibles o ausentes	X	X	X
5.	Anillos con poros difusos	X	X	X
7.	Vasos (poros) en patrones radiales o diagonales	X	X	X
10.	Vasos (poros) en grupos radiales de 4 o más	X (2 a 3)	X (2 a 3)	X (2 a 3)
12.	Perfil angular de vasos solitarios	X	X	X
17.	Placas de perforación escalariiformes con 20–40 barras	X	X	X
20.	Punteaduras intervasculares escalariiformes	PV	PV	PV
21.	Punteaduras intervasculares opuestas	X	X	X
Tamaño de punteaduras intervasculares				
25.	Pequeño 4-7 μm	X	X	X
30.	Punteaduras vasos-radios con distintos bordes; similar a las perforaciones intervasculares en forma y tamaño a través de células radiales	X	X	X
35.	Punteaduras vasos-radios restringidos a filas marginales	PD	PD	
Diámetro medio tangencial del lumen del vaso				
40.	$\leq 50 \mu\text{m}$		X	
41.	50–100 μm	X		X
48.	20-40 vasos por milímetro cuadrado			X
49.	40-100 vasos por milímetro cuadrado	X	X	
Longitud media de vasos				
53.	350-800 μm	X	X	X
56.	Tilosis común		PV	
62.	Fibras con punteaduras claramente bordeadas	X	X	X
66.	Fibras septadas ausentes	X	X	X
69.	Fibras de pared delgada a gruesa	X	X	X
Longitud media de fibra				
71.	$\leq 900 \mu\text{m}$		X	X
72.	900–1600 μm	X		
Parénquima axial apotraqueal				
77.	Parénquima axial difuso en agregados	X	X	X
93.	Ocho (5-8) células por hebra de parénquima	PV	PV	X
98.	Radios comúnmente de 4 a 10 series	PV	PV	PV
102.	Radios de altura mayor a 1mm	X		
103.	Radios de dos tamaños distintos	X	X	X
107.	Cuerpo del radio con células procumbentes con 2-4 filas de células verticales y/o cuadradas marginales	X	X	X
Radios por milímetro				
115.	4–12 / mm	X		X
116.	≥ 12 / mm		X	

Cód.	Característica	Tronco	Ramas	Raíz
122.	Radios y / o elementos axiales ordenados irregularmente.	X	X	X
136.	Cristales prismáticos presentes.	X	X	X
137.	Cristales prismáticos en células de radios rectos y / o cuadrados.	X	X	X
138.	Cristales prismáticos en células de radios procumbentes.	X	X	X
140.	Cristales prismáticos en cámaras rectas y / o radios de células cuadradas	X	X	X
142.	Cristales prismáticos en células de parénquima axial de cámara.	X	X	
143.	Cristales prismáticos en fibras.			X
144.	Drusas presentes.	X		
145.	Drusas en células de parénquima radial.	X		
148.	Drusas en celdas de cámara.	X		
Otros tipos de cristales				
151.	Styloids y / o cristales alargados	PD		

PV=Presencia variable; PD=Presencia desconocida

Según los valores promedios obtenidos por cada variable microscópica cuantitativa se encontró en la madera del tronco, rama y raíz un tamaño de punteaduras intervasculares de 6,13 μm , 5,67 μm y 5,66 μm . Con relación al tamaño de vasos, el diámetro medio tangencial del lumen fue de 58,04 μm , 41,80 μm y 47,58 μm y la longitud de 641,15 μm , 743,37 μm y 92,65 μm en forma respectiva. La densidad de vasos fue de 79,10 u/mm^2 , 60,00 u/mm^2 y 38,70 u/mm^2 . Respecto a las fibras, se observaron alturas de 991,48 μm , 619,64 μm y 769,60 μm , respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Características microscópicas cuantitativas en madera de *Ilex guayusa*

Variables	Tronco	Rama	Raíz
Tamaño de punteaduras intervasculares (μm)	6,13(A)	5,67(A)	5,66(A)
Diámetro medio tangencial del lumen del vaso (μm)	58,04(C)	41,80(A)	47,58(B)
Longitud media de vasos (μm)	641,15(B)	743,37(C)	92,65(A)
Altura de radio (μm)	1042,26(B)	473,83(A)	461,84(A)
Longitud media de fibras (μm)	991,48(B)	619,64(A)	769,60(AB)
Densidad de vasos (u/mm^2)	79,10(C)	60,00(B)	38,70(A)

Letras diferentes= diferencia significativa ($p < 0,05$); letras iguales=no hay diferencia significativa ($p > 0,05$)

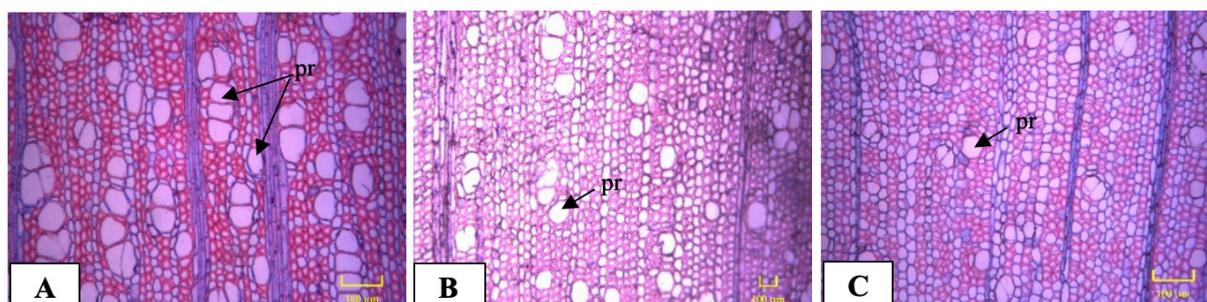


Figura 2. Vista anatómica en un corte transversal de *Ilex guayusa* Loes donde se indica la disposición y agrupación de poros (pr) en tronco (A), rama (B), raíz (C). Escala 100 μm

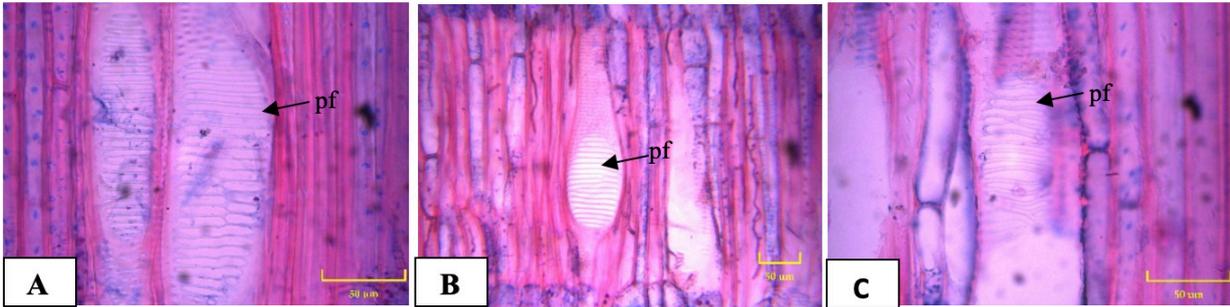


Figura 3. Vista anatómica en un corte radial de *Ilex guayusa* Loes donde se muestran las placas de perforación (pf) en tronco (A), rama (B), raíz (C). Escala 50 µm.

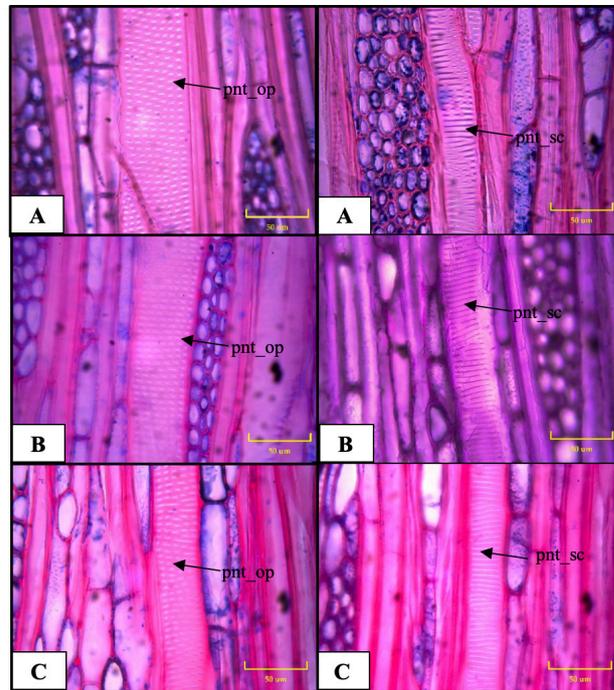


Figura 4. Vista anatómica en un corte radial de *Ilex guayusa* Loes donde se muestran las punteaduras (pnt) en tronco (A), rama (B) y raíz (C) opuestas (op) y escalariformes (sc). Lente 40x. Escala 50 µm.

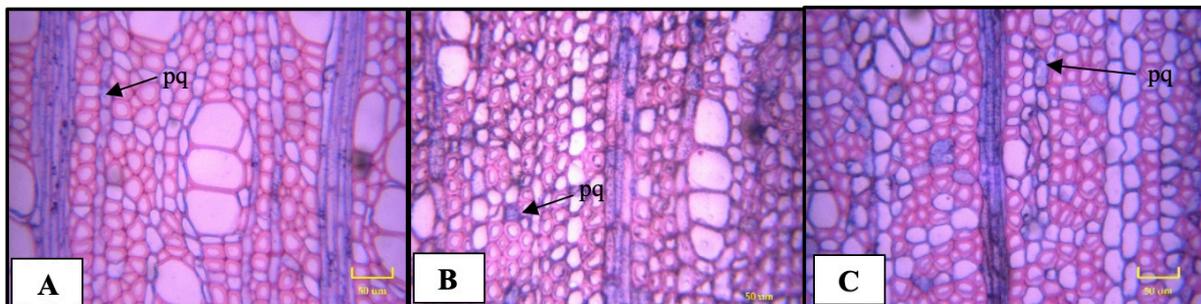


Figura 5. Vista anatómica en un corte transversal de *Ilex guayusa* Loes donde se muestra el parénquima (pq) en tronco (A), rama (B), raíz (C). Escala 50 µm.

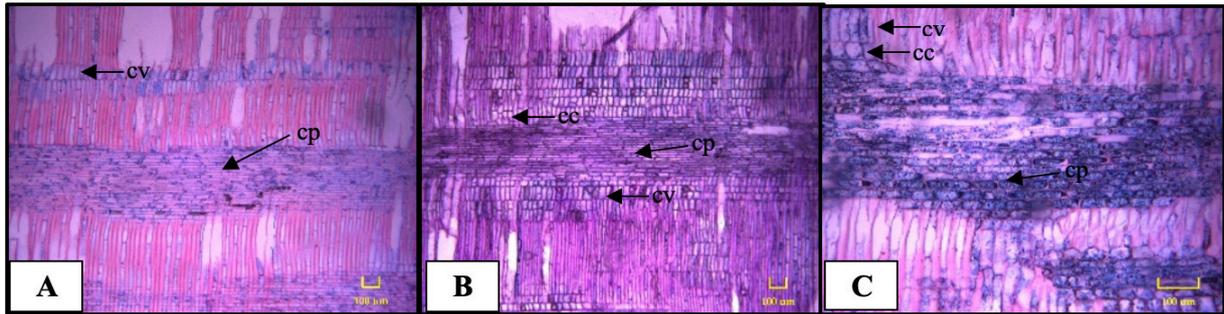


Figura 6. Vista anatómica en un corte radial de *Ilex guayusa* Loes donde se indica radios con células procumbentes (cp), verticales (cv) y cuadradas (cc) en tronco (A), rama (B), raíz (C). Escala 100 µm.

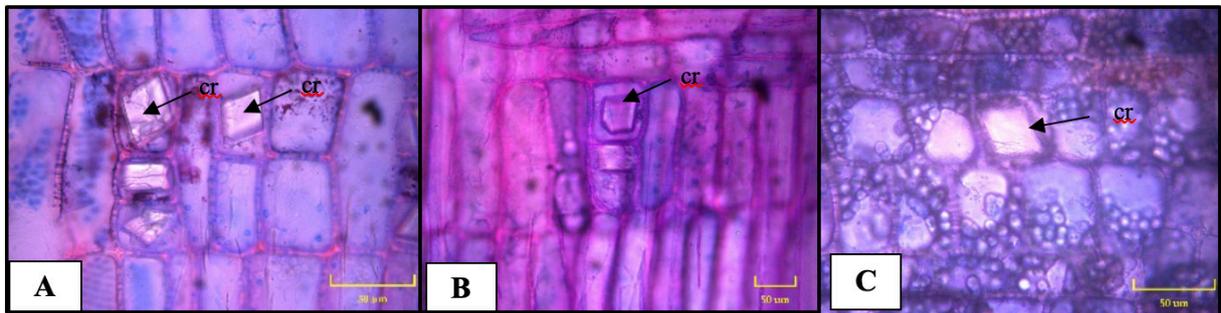


Figura 7. Vista anatómica en un corte radial de *Ilex guayusa* Loes donde se indica la presencia de cristales prismáticos (cr) en tronco (A), rama (B), raíz (C). Escala 50 µm.

Las diferencias entre el corte transversal con corteza de la rama y la raíz se observan en la figura 8, donde la rama (B) mostró alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes de médula respecto a toda la muestra y una corteza de grosor delgado, también se presentó mayor cantidad de lignina; en contraste con la raíz (C) la médula fue mínima, se evidenció menos lignina más bien abundancia de celulosa y el grosor de la corteza fue delgada al igual que en la rama.

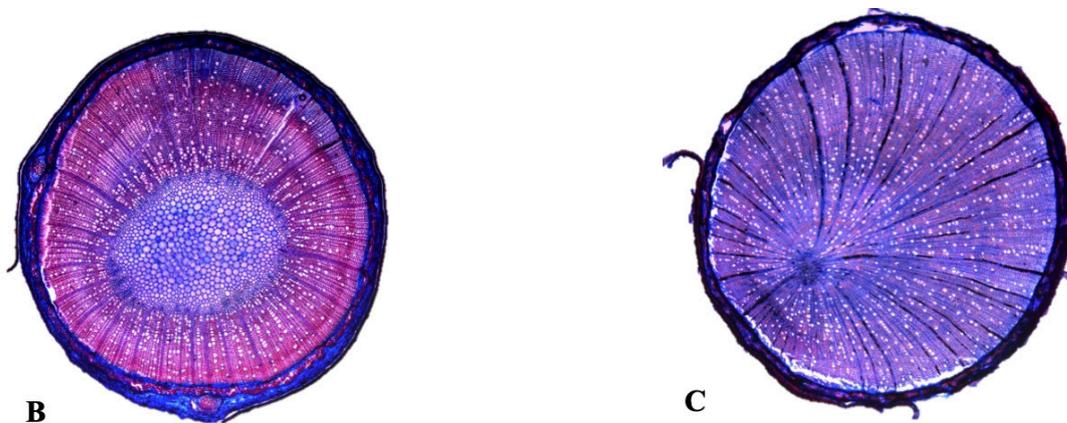


Figura 8. Vista anatómica en un corte transversal con corteza de *Ilex guayusa* Loes en rama (B), raíz (C).

■ DISCUSION

Propiedades físicas

La madera ensayada registró densidades que van desde 0,56 a 0,63 g/cm³ valores similares a los citados por Richter y Dallwitz (2000) quienes basados en un estudio de 7 especies del género *Ilex* obtienen entre 0,52 y 0,62 g/cm³, por otra parte, los valores antes descritos permitieron clasificarla según lo señala AEIM (2016 - 2019) como una madera semiligera y semipesada.

Al establecer la relación entre características anatómicas y propiedades físicas, se observó que en contraste con la densidad, la especie alcanzó en las tres partes del árbol densidades entre moderadamente liviana y pesada, característica dada por la estructura anatómica microscópica analizada, según Mc Donald *et al.*, (1995) mencionan que los incrementos en la densidad de la madera están directamente asociados a un aumento en el grosor de paredes de las fibras, disminución del diámetro del lumen de las fibras y aumento en la frecuencia o cantidad de fibras.

Sin embargo, en la estructura anatómica heterogénea propia de las maderas angiospermas, las fibras no son una característica única para explicar el comportamiento de la densidad. En relación con vasos León (2010) indica a mayores proporciones de tejido de conducción en este caso vasos o poros, bien sea por aumento del diámetro de los mismos o por incremento de su frecuencia, producen reducciones en el valor de la densidad o peso específico.

Respecto a la contracción volumétrica los datos promedios de 11,44 %, 11,05 % y 11,13 %, obtenidos en tronco, ramas y raíz respectivamente, significa que en las tres partes del individuo presentó una contracción media, según lo señalan Vignote y Martínez (2006), el porcentaje para contracción pequeña es de 5 a 10 %, para contracción media 10 a 15% y para la contracción superior de 15 a 20 %.

Características microscópicas

La madera de *I. guayusa* presentó características similares a otras especies de su mismo género.

Vasos

En *I. guayusa* se observó los anillos de crecimiento poco visibles con poros difusos. Sus vasos con perfil angular y ubicados en dirección radial; además, sus placas de perforación escalariformes con punteaduras intervasculares opuestas. Características similares a lo encontrado por Richter y Dallwitz (2000) en especies del género *Ilex*, madera con porosidad difusa, vasos en grupos radiales cortos de dos a tres vasos, presentan también contorno angular y punteaduras intervasculares opuestas. León y Espinoza (2001) también señalan que *Ilex laurina* Kunth, presenta vasos angulares dispuestos en patrones radiales, con platina de perforación escalariforme y punteaduras opuestas.

En *I. guayusa* se observó placas de perforación escalariformes con 20-40 barras, semejante a lo que señala León y Espinoza (2001) en *Ilex aquifolium* L., con más de 20 barras en una placa de perforación escalariforme. En cambio, Richter y Dallwitz (2000) en otras especies tienen placas de perforación escalariformes con 20-40 barras.

En *I. guayusa* el diámetro medio tangencial de los vasos en la madera del tronco y raíz registró entre 50-100 μm , mientras que, en la rama el tamaño fue menor a 50 μm , además la densidad de vasos fue de 40-100 u/mm^2 en el tronco y rama, mientras que en la raíz se obtuvo 20-40 u/mm^2 , tal resultado se asemeja a lo señalado por Richter y Dallwitz (2000), quienes indican que en este género existen diámetros de vasos en un rango de 56 y 92 μm y el número de vasos por mm^2 es de 14-60. En *I. guayusa* los vasos más estrechos se encontraron en las ramas y los más anchos y largos en el tronco.

Radios

En *I. guayusa* se presentaron radios de dos tamaños diferentes, y en relación con su composición celular se encontró presencia variable de células procumbentes con más de cuatro filas de células cuadradas y verticales marginales; de manera semejante se evidencia en *Ilex laurina* Kunth, según lo señala Espinoza y León (2001), la madera presenta radios de dos tamaños distintos, heterocelulares con más de cuatro filas de células marginales. El número de radios por mm^2 fue de cuatro a doce en tronco y raíz, mientras que, en la rama menor a doce, con un ancho variable entre cuatro y diez series; solamente en el tronco la altura de radios sobrepasó 1mm. Richter y Dallwitz (2000) indican que en otras especies de este género se encuentran radios de dos diferentes tamaños, 5–15 radios por mm^2 , cuyo ancho varía entre 1–15 células, con altura de los radios grandes mayor a 1mm.

Parénquima

I. guayusa no presentó parénquima axial paratraqueal, por el contrario, se observó parénquima axial difuso en agregados tanto en el tronco, rama y raíz. Según estudios de Baas (1973), indica que las especies que crecen en zonas templadas presentan un parénquima muy escaso, en tanto las especies que se desarrollan en zonas tropicales y subtropicales poseen mayor cantidad de parénquima sea apotraqueal difuso o difuso en agregados.

Fibras

Las fibras en la madera de *I. guayusa* presentaron una longitud media en el tronco de 991,48 μm , mayor a la encontrada en la rama con 619,64 μm y en la raíz 769,60 μm , con paredes de espesor mediano. No se evidenciaron engrosamientos helicoidales. Lo que contrasta con resultados de Richter y Dallwitz (2000) quienes señalan que en otras especies del género las fibras presentan paredes medianas, y su longitud se muestra en un rango de: 1809–2475 μm ., con engrosamientos en espiral. Según Metcalfe y Chalk (1950), en la familia Aquifoliaceae se encuentran fibras con punteaduras claramente bordeadas y engrosamientos helicoidales.

Cristales prismáticos

Otra de las características relevantes de *I. guayusa* es la presencia de inclusiones minerales como cristales prismáticos en células de radio cuadradas, procumbentes y de parénquima presentes en el tronco y ramas, sin embargo, en el caso de la raíz se los encontró de manera variable en las fibras, información

que contrasta con la expuesta por Richter y Dallwitz (2000), quienes señalan que el género presenta cristales prismáticos, localizados en células procumbentes de los radios, de forma solitaria por célula o cámara. Sin presencia de sílice.

Baas (1973) por su parte menciona que, de las especies estudiadas del género *Ilex* por lo general las que se desarrollan en los trópicos poseen cristales, los mismos que se encuentran solitarios fragmentados. También se evidenció en *I. guayusa* drusas en el tronco, específicamente en el parénquima y no se encontraron de cuerpos de sílice. Richter (1980) indica que la presencia de cristales y compuestos silíceos son el resultado del exceso de materiales inorgánicos que se depositan en los tejidos de las plantas, estos compuestos principalmente se tratan de sales de calcio y dióxido de silicio (SiO_2), los primeros formando cristales en la madera que con mayor frecuencia se ubican en los radios, en las células del parénquima axial, en fibras y vasos.

Estas inclusiones minerales desempeñan una función importante, pero principalmente son de valor diagnóstico y de importancia taxonómica en anatomía de la madera.

Según Wheeler y Baas (1998), no solo existe una variabilidad considerable cuando se comparan diferentes individuos de la misma especie de distintas zonas, por el contrario, también existe una variación de datos anatómicos en la madera a causa de la posición de la muestra en el árbol (raíz, tronco, rama, albura, duramen) o la edad del material a analizar.

Además, Wheeler y Baas (1998), señalan que la madera del tronco y la madera de la raíz a menudo difieren en características cuantitativas (diámetros y longitudes celulares) y cualitativas (abundancia y distribución del parénquima, porosidad, tipo de radio). Esto con la finalidad de llevar a cabo una función específica con relación a las condiciones ambientales presentes. Cluter (1976) indica que, la anatomía de la madera de la raíz parece presentar una variabilidad frecuentemente más extrema. Lo cual puede encontrarse influenciado por factores adicionales como compactación del suelo, inundación, variabilidad en la composición de la atmósfera del suelo, entre otros; lo que no sucede en las partes aéreas del árbol (tronco y rama).

■ CONCLUSIONES

El presente estudio, permitió concluir que la anatomía de la madera de *Ilex guayusa* Loes. presentó poca variación al establecer comparaciones entre las tres partes del individuo (tronco, rama y raíz), las principales características fueron los anillos de crecimiento poco visibles, poros difusos, vasos con un perfil angular; placas de perforación escalariformes con 20-40 barras, punteaduras intervasculares y escalariformes, parénquima axial apotraqueal difuso en agregados, radios con células procumbentes y verticales o cuadradas. Además, se evidenció una principal diferencia en cuanto a la presencia de cristales prismáticos en fibras de la raíz y drusas en el parénquima del tronco, constituyéndose en una característica importante para la identificación de la especie.

Las características microscópicas cuantitativas presentaron diferencias considerables en las tres partes del árbol, en cuanto al diámetro medio tangencial del lumen del vaso, la madera del tronco presentó el mayor valor, seguido por el de la raíz y rama. Mientras más grande sea el diámetro de lumen un mayor flujo de agua y minerales se transportará. La longitud media de vasos fue mayor en la rama y menor en la raíz, estos resultados se explican relacionando las características morfológicas y funciones es-

pecíficas que cada parte del árbol ejecuta. La posición vertical del tronco y su función de conducción dan paso a vasos más largos de lumen ancho. En tanto que la raíz, al situarse dentro de la tierra, bajo condiciones ambientales específicas presentó vasos más cortos de lumen más pequeño para asegurar el transporte de nutrientes hacia toda la planta.

La identificación de las características microscópicas tanto cualitativas como cuantitativas de la madera, permiten establecer una relación con los resultados obtenidos de propiedades físicas, como el contenido de humedad, densidad en verde, anhidra, en equilibrio y básica, las mismas que presentaron diferencias significativas entre el tronco, rama y raíz principal; únicamente la contracción volumétrica fue similar en las tres partes del árbol.

■ AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal Bryan Merino y Loida Luzuriaga por su colaboración en la preparación de muestras anatómicas, así mismo al Sr. Teófilo Zhiñin y Sra. Teresa Quezada, propietarios de bosques en Guayzimi, quienes facilitaron la extracción de muestras de los individuos de *Ilex guayusa* Loes para esta investigación. Además, un agradecimiento muy especial al proyecto de investigación: “Impacto de las variaciones climáticas en la fijación de carbono en ecosistemas forestales al sur de Ecuador”.

■ BIBLIOGRAFIA

- AEIM. (2016 - 2019). Promoviendo la madera para un mundo más sostenible y saludable. España. Asociación del comercio e industria de la madera. Recuperado de <http://www.aeim.org/index.php/clasificacion-de-maderas-comerciales-segun-sus-caracteristicas/>
- Alvarado, E. (2016). Guía Técnica del cultivo de la guayusa. Quito, Ecuador: Brandipity 2016.
- Angulo, A. F., Rosero, R. A., y González, M. S. (2012). Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes del corregimiento de Genoy, Municipio de Pasto, Colombia *Ethnobotanical. Universidad y Salud*, 14(2), 18.
- Arias-Toledo, B., Galetto, L., y Colantonio, S. (2007). Uso de plantas medicinales y alimenticias segun características socioculturales en Villa Los Aromos (Cordoba, Argentina). *Kurtziana*, 33(1), 1–11.
- Baas, P. (1973). The wood anatomical range in *Ilex* (*Aquifoliaceae*) and its ecological and phylogenetic significance. *Blumea - Biodiversity, evolution and Biogeography of plants*, 21, 193–260. Recuperado de <https://www.repository.naturalis.nl/document/565651>
- Canales, M., Hernández, T., Caballero, J., Romo, A., Durán, Á., y Lira, R. (2006). Análisis Cuantitativo Del Conocimiento Tradicional De Las Plantas Medicinales En San Rafael, Coxcatlán. *Acta Botanica Mexicana*, 43, 21–43. doi: <https://doi.org/10.21829/abm75.2006.1013>
- Castellanos-Camacho, L. I. (2011). Conocimiento etnobotánico, patrones de uso y manejo de plantas útiles en la cuenca del río Cane-iguaque (Boyacá-Colombia); una aproximación desde los sistemas de uso de la biodiversidad. *Ambiente y Sociedad*, 14(1), 45–75. doi: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2011000100004>

- Cutler, DF (1976). Variación en la anatomía de la madera de la raíz. *Leiden Botanical Series*, (3), 143-156. Recuperado de <https://www.repository.naturalis.nl/document/551109>
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M. J., y Balslev, H. (2008). Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. (de la E. de C. B. de la P. U. C. del E. Herbario QCA y del D. de C. B. de la U. de A. Herbario AAU, Eds.). Quito, Ecuador.
- Espinoza, N., y León, W. (2001). Atlas para la identificación microscópica de maderas latifoliadas. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/44414857_Atlas_para_la_identificacion_microscopica_de_maderas_latifoliadas_Narcisana_Espinoza_de_Pernia_Williams_J_Leon_H
- Feijoo, C. E., Ramón, D. D., y Cofrep-Pucha, D. (2018). Guía para cortes anatómicos de la madera. (A. y de R. N. R. Facultad, de I. Carrera, y de A. de M. T. Laboratorio, Eds.). Loja.
- Hernández-Ramos, M., Ávila-Bello, C., y Morales-Mávil, J. (2007). Etnobotánica y Ecología de plantas utilizadas por tres curanderos contra la mordedura de serpiente en la región de Acayucan, Veracruz, México. *Etnobotánica y Botánica Económica*, 81, 89–100.
- Jácome, I., Tanchima, V., Santi, P., y Vargas, C. (2012). Etnozoología quichua para la conservación de los mamíferos ungulados en la Amazonía central del Ecuador provincia Pastaza. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 2(3), 172–185. doi: <https://doi.org/10.1002/bit.26931>. This
- Jørgensen, PM, y León-Yáñez, S. (1999). Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador (Vol. 75, pp. 1-1182). San Luis: Jardín Botánico de Missouri.
- Lalama, J., Montes, S., y Zaldumbide, M. A. (2016). Etnobotánica de plantas medicinales en el cantón Tena , para contribuir al conocimiento , conservación y valoración de la diversidad vegetal de la región amazónica Ethnobotany of medicinal plants in the canton Tena , to contribute to the knowledge , conse. *Dominio de Las Ciencias*, 2, 26–48.
- León, W. (2010). Anatomía y densidad o peso específico de la madera. *Revista forestal venezolana*. Vol 4(1). 67-76
- León, W., y Espinoza de Pernia, N. (2001). Anatomía de la madera. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Williams_Leon/publication/44368335_Anatomia_de_la_madera_Williams_Jose_Leon_Hernandez_Narcisana_Espinoza_de_Pernia/links/5694272e08ae820ff072b78c/Anatomia-de-la-madera-W
- Luna-Morales. (2015). Ciencia, conocimiento tradicional y etnobotánica. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Mc Donald, S., Bruces, G y Wiemann, M. (1995). Wood specific gravity and anatomy in *Heliocarpus appendiculatus* (Tiliaceae). *Amer. J. Bot.* 82: 855-861.
- Menseguez, P., Galetto, L., y Anton, A. M. (2007). El uso de plantas medicinales en la población campesina de El Puesto (Córdoba , Argentina). *Kurtziana*, 33(1), 89–102.
- Metcalf, C. R., y Chalk, L. (1950). Anatomy of the Dicotyledons. Recuperado de <http://krishikosh.egranth.ac.in/bitstream/1/2025856/1/BPT9874.pdf>
- Richter, H. (1980). Occurrence, morphology and taxonomic implications of crystalline and siliceous inclusions in the secondary xylem of the Lauraceae and related families. *Wood science and technology*, 14, 35 -44.

- Richter, H., y Dallwitz, M. (2000). Maderas comerciales: descripciones, ilustraciones, identificación e información. Recuperado de <http://www.delta-intkey.com/wood/es/index.htm>
- Schultes, R. E. (1972). *Ilex guayusa* from 500 A.D. to the present. *ETNOLOGISKA STUDIER*, 32, 115–138.
- Toledo, B. A., Trillo, C., y Grilli, M. (2010). Uso de plantas medicinales en relación al estado de conservación del bosque en Córdoba, Argentina. *Ecologia Austral*, 20(3), 235–246.
- Townsend, W. R. (2003). La fauna silvestre y los pueblos indígenas: juntos en el tiempo pero con un futuro incierto. In Polanco-Ochoa (Ed.), *Manejo de fauna silvestre en Amazonía y Latinoamérica: selección de trabajos V Congreso Internacional* (Fundación, pp. 317–324). Bogotá, Colombia.
- Uzendoski, M. A. (2015). Los saberes ancestrales en la era del antropoceno: hacia una teoría de textualidad alternativa de los pueblos originarios de la amazonia. *Revista Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Investigation*, 17(1), 1-16. doi: <https://doi.org/10.18271/ria.2015.91>
- Vignote, S., y Martínez, I. (2006). *Tecnología de la madera*. (3.a ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado de: <https://books.google.com.ec/books>
- Wheeler, E. A., Baas, P., y Gasson, P. E. (2016). IAWA List of Microscopic Bark Features. *IAWA Journal*, 37(4), 517–615. doi: <https://doi.org/10.1163/22941932-20160151>
- Wheeler, E. y Baas, P. (1998). Wood identification - A review. *IAWA Journal*. Vol. 19(3): 241-264.
- Zambrano-Intriago, L. F., Buenaño-Allauca, M. P., Mancera-Rodríguez, N. J., y Jiménez-Romero, E. (2015). Estudio etnobotánico de plantas medicinales utilizadas por los habitantes del área rural de la Parroquia San Carlos, Quevedo, Ecuador. *Universidad y Salud*, (July), 97–111.

Productos forestales no maderables en cinco comunidades de la parroquia Manú, Saraguro, provincia de Loja.

Non-timber forest products in five communities of the Manú parish, Saraguro, province of Loja.

Pineda Armijos Claudia ¹
Jumbo Nohemí ²
Fernández Paulina ²
Jaramillo Nélsón ^{3*}

¹Ingeniera Forestal, Técnica de Control Forestal, Ministerio del Ambiente. Ecuador

²Docente-Investigador Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

³Técnico Docente del Herbario "Reinaldo Espinosa". Loja, Ecuador.

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

RECIBIDO: 30/03/2019

APROBADO: 07/05/2019

RESUMEN

Los productos forestales no maderables (PFNM) que proveen las especies vegetales son aprovechados ancestralmente y representan un recurso importante en la economía, medicina y alimentación de las comunidades. Esta investigación se realizó en la parroquia Manú con el propósito de identificar los principales PFNM, su uso tradicional y actual de los bosques. Se aplicaron 243 entrevistas en cinco comunidades campesinas; con los datos derivados de los cuestionarios se obtuvo la percepción de la población frente al uso de los PFNM, el Valor de Uso de las Especies (VUE), Frecuencia de Uso por Categoría (FUC), Categorías de Uso (CU) y Nivel de Uso Significativo (NUS). Se registraron 89 especies de 82 géneros y 54 familias. Las especies con mayor valor de uso, son: *Acacia macracantha*, *Agave americana*, *Alnus acuminata* y *Ambrosia artemisioides*. posee el mayor valor de uso, en: artesanías, forraje, fibra, construcciones y materiales de construcción, seguida de *Agave americana* y *Alnus acuminata*, usadas en dos categorías: alimentos y bebidas; fibras y materiales de construcción. La mayor frecuencia de uso es para la categoría medicina humana, seguida de alimentos y bebidas, fibras, místicos y rituales. Referente al nivel de uso significativo de las 89 especies registradas, ninguna obtuvo valor superior al 20 %. El conocimiento que poseen hombres y mujeres es igual, los hombres reportan 53 especies y 60 las mujeres. Los pobladores de las comunidades tienen el conocimiento de las especies que se emplean como PFNM, pero no utilizan, por lo cual este conocimiento se está perdiendo especialmente por parte de los jóvenes.

Palabras clave: Valor de uso, frecuencia de uso, nivel de uso significativo, categorías de productos forestales no maderables, parroquia Manú.

Publicado por Editorial Universidad Nacional de Loja bajo licencia Creative Commons 4.0

ABSTRACT

The non-timber forest products (NTFP) that provide the plant species are used ancestrally and represent an important resource in the economy, medicine and food of the communities. This research was conducted in the Manú parish with the purpose of identifying the main NTFPs, the traditional and current use of forests. 243 interviews were applied in five rural communities; With the data derived from the questionnaires, the perception of the population was obtained in relation to the use of NTFPs, the Use Value of the Species (VUE), Frequency of Use by Category (FUC), Use Categories (CU) and Level of Use. Significant use (NUS). There were 89 species from 82 genera and 54 families. The species with the highest use value are: *Acacia macracantha*, *Agave americana*, *Alnus acuminata* and *Ambrosia artemisioides*. *Acacia macracantha* has the highest use value, in: handicrafts, fodder, fiber, constructions and construction materials, followed by *Agave americana* and *Alnus acuminata*, used in two categories: food and beverages; fibers and construction materials. The highest frequency of use is for the human medicine category, followed by food and beverages, fibers, mystics and rituals. Regarding the level of significant use of the 89 registered species, none obtained value higher than 20%. The knowledge that men and women possess is the same, men report 53 species and 60 women. The inhabitants of the communities know the use of most species, but do not use them, for this reason the tradition of use is being lost, especially in the young population.

Keywords: Value of use, frequency of use, level of significant use, non-timber forest product categories, Manú parish.

INTRODUCCIÓN

Los PFSNM han cumplido un papel importante en la vida y el bienestar de los habitantes de diferentes sectores de la sierra, costa y amazonia del Ecuador. Las comunidades rurales campesinas han encontrado en los PFSNM un recurso principal para la alimentación, medicina, saborizantes, tintes, colorantes, fibras, forrajes, abonos, energía, aceites, resinas, gomas, juguetes, materiales de construcción y usos en ritos religiosos y espirituales, generando inclusive valores monetarios; representando en ocasiones una fuente de empleo y generación de ingresos (Añazco *et al.*, 2010).

En la provincia de Loja la disminución progresiva de la cobertura vegetal nativa es elevada, debido a la deforestación, lo cual ha provocado la pérdida de los componentes de la biodiversidad y de las funciones como ecosistema (Aguirre y León, 2011). Actualmente son escasos los esfuerzos para la recuperación de este recurso natural, evidenciándose que la tasa de reposición es menor a la de extracción de los recursos forestales (FAO, 2002). La parroquia Manú en el cantón Saraguro, no es ajena a esta realidad.

La investigación se realizó en la parroquia Manú del cantón Saraguro, localizada en un enclave geográfico entre las provincias de Loja, Azuay y El Oro, lo que provoca una particularidad climática especial, originando hábitats especiales y únicos para el desarrollo de una impresionante diversidad biológica y ecosistémica, demostrada por la presencia de: vegetación seca, vegetación andina, páramos y complejos agropecuarios (PDOT Manú, 2014).

La cobertura vegetal de la parroquia Manú, ha sido fuertemente intervenida por la expansión de la frontera agrícola que es la principal actividad de la población y, en menor escala la ganadería. Esto ha provocado que aproximadamente el 75 % de la superficie parroquial carezca de vegetación natural (PDOT Manú, 2014).

Para generar conocimiento de estos bosques y disponer de un diagnóstico que permita tomar decisiones para el manejo de este recurso, es necesario realizar investigación de los productos forestales no maderables que se pueden conseguir de la vegetación. Para la recolección de información se aplicó 243 encuestas estructuradas en un cuestionario, a los habitantes de cada comunidad. Se reporta el número de especies citadas por los campesinos, la descripción de los usos, las partes de la planta usadas, el valor de uso, la frecuencia de uso, la frecuencia de especies por categorías de uso, el nivel de uso significativo y la existencia de las especies en el bosque. Los objetos planteados fueron: identificar los principales productos forestales no maderables de origen vegetal, usos tradicionales y actuales de los bosques en cinco comunidades de la parroquia Manú; y, proponer alternativas técnicas para el manejo sostenible de los productos forestales no maderables de origen vegetal potenciales de la parroquia Manú.

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó en cinco comunidades rurales de la parroquia Manú (Figura 1), cantón Saraguro, provincia de Loja, Ecuador. Se utilizó el método empírico de encuestas (Giraldo, 2008; Jiménez *et al.*, 2010). El número de personas encuestadas en cada una de las comunidades fue calculado usando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 pq}{(N-1)e^2 + Z^2 pq} \quad (1)$$

Las encuestas se realizaron en forma aleatoria a 243 personas, en edades comprendidas entre 15 a > 50 años.

Los datos fueron ingresados y procesados en el programa Microsoft Excel. Se calcularon los parámetros: valor de uso de las especies, para lo cual se empleó el enfoque de sumatoria de usos (Boom, 1989; 1990; Phillips, 1996). En esta metodología, el número de usos es sumado dentro de cada categoría de uso, así: el valor de uso de una especie es el total de usos diferentes (en las categorías de usos) reportados en todas las colectas realizadas de esa especie (Marín *et al.*, 2005).

Para determinar la importancia de las especies se calculó el porcentaje de utilización de cada especie, usando la fórmula:

$$\% \text{ de uso de una especie} = (fn/N) \times 100 \quad (2)$$

Dónde:

fn: Frecuencia absoluta de la especie

N: Número total de citaciones por parte de los encuestados

Para obtener la frecuencia de uso por categoría se utilizó el modelo número de citaciones de una especie en cada categoría, dividido para la sumatoria total de citaciones por categoría multiplicado por 100. Como indicador del grado de consenso en el uso de las especies y de la importancia cultural de esas plantas en las comunidades investigadas, se utilizó el índice de nivel de uso significativo (Carrillo y Moreno, 2006). Este índice se calculó dividiendo el número de citaciones para el uso principal de la especie entre el número de informantes encuestados, multiplicando por 100.

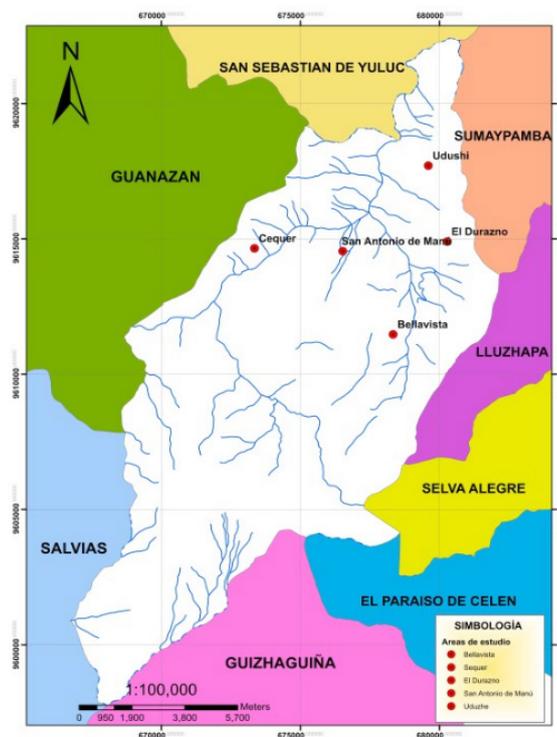


Figura 1. Ubicación de las cinco zonas de estudio en la parroquia Manú (Saraguro) y su contexto regional.

RESULTADOS

Las 243 personas encuestadas reconocen y reportan que usan 89 especies, incluidas dentro de 82 géneros de 54 familias botánicas entre árboles, arbustos y hierbas (Tabla 1)

Valor de uso de las especies

Se da a conocer la cantidad de veces que una especie fue citada por un entrevistado para una determinada categoría de uso, siendo los valores de uso más alto en VU = 2 y 4 (Tabla 1).

Tabla 1. Especies con mayor valor de uso en cinco comunidades estudiadas del bosque nativo de la parroquia Manú.

Nombre Científico	Nombre Local	AB	AE	Art	M.H	M.V	Tó	L/R	C/T	Fo	M/R	Or	MI	Fi	MC/H	VU
<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Faique			x						x				x	x	4
<i>Agave americana</i> L.	Penco	x												x		2
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aliso													x	x	2
<i>Ambrosia artemisioides</i> Meyen & Walp	Marco						x				x					2
<i>Clinopodium brownei</i> (Sw.) Kuntze	Tipo	x			x											2
<i>Erythrina edulis</i> Triana ex Micheli	Guato	x												x		2
<i>Escallonia pendula</i> (Ruiz & Pav.)	Shinin			x											x	2
<i>Ficus carica</i> L.	Higo	x			x											2
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl	Quique													x	x	2
<i>Juglans neotropica</i> Diels	Nogal				x				x							2

Categorías de Productos Forestales No Maderables: AB = Alimentos y Bebidas; AE = Aceites esenciales; Art = Artesanías; M.H = Medicina humana; M.V = Medicina veterinaria. Tó = Tóxicos: Lavar/Pescar/Insecticida; L/R = Látex, resinas; C/T = Colorantes y tintes; Fo = Forraje; M/R = Místico/rituales. Or = Ornamental; M.I = Miel para insectos; Fi = Fibra para cercos, sogas y construcciones; MC/H = Materiales de construcción/Herramienta de labranza.

Las tres especies con mayor valor de uso pertenecen a las categorías de alimentos y bebidas, artesanías, forraje, místico/ rituales, ornamental, miel para insectos, fibra para sogas y materiales de construcción/ herramientas de labranza. Las especies con mayor valor de uso son de las que se aprovechan las partes de planta en diferentes formas, como es el caso de la especie *Acacia macracantha* donde el tallo sirve como postes para cercos, materiales de construcción y herramientas de labranza. Se destaca el mayor uso exclusivo de especies en la categoría fibra para cercos, sogas y construcciones, esto indica que las especies de estos ecosistemas son importantes para los pobladores de estas comunidades.

Frecuencia de uso de las especies por categoría de PFNM

La Figura 2 muestra el número de especies que son citadas para cada categoría de uso como producto forestal no maderable.

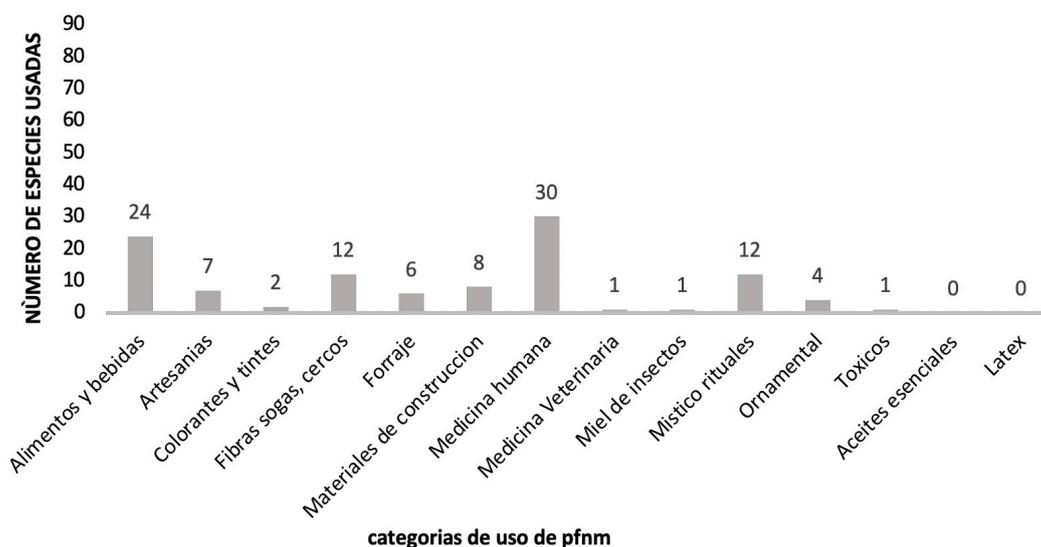


Figura 2. Número de especies por cada categoría de uso registradas en las comunidades estudiadas.

La categoría medicina humana con 30 especies, las más usadas son: *Oreocallis grandiflora* y *Piper aduncum* con una frecuencia de uso del 9,26 %, mientras que *Sambucus nigra* y *Valeriana microphylla* con 7,41 %. De las 24 especies empleadas para alimentos y bebidas, las más utilizadas son: *Macleania rupestris* con una frecuencia de uso de 14,49 %, *Inga striata* con 10,14 %; *Annona cherimola* y *Prunus serotina* con una frecuencia de uso de 8,70 %. Para la categoría fibra para cercos, sogas y construcciones de las 12 especies las más citadas son: *Ferreyranthus verbascifolius*, *Myrcianthes rhopaloides* y *Yucca guatemalensis*, todas con una frecuencia de uso del 15 %. En la categoría místico/rituales, de las 12 especies citadas, las más utilizadas son: *Ambrosia artemisioides* con una frecuencia de uso del 17,39 % y con 13,04 % *Baccharis latifolia* y *Brugmansia candida*. De las 8 especies citadas para materiales de construcción la más usada es: *Alnus acuminata* con una frecuencia de uso del 58,82 %. En la categoría artesanías, se mencionan 7 especies de las cuales dos son mayormente empleadas: *Escallonia pendula* y *Pteridium arachnoideum* con una frecuencia de uso del 22,2 %. En la categoría forraje, de las 6 especies citadas, las más utilizadas son: *Caesalpinia spinosa* con una frecuencia de uso del 27,27 % y con un 18,18 % *Arundo donax*, *Calamagrostis intermedia* y *Sida rhombifolia* L. En la categoría ornamental, de las 4 especies citadas todas tienen la misma frecuencia de uso de 25 %, éstas son: *Bougainvillea* sp., *Bougainvillea spectabilis*, *Callistemon lanceolatus* y *Cyrtochilum* sp. Para la categoría colorantes y tintes, la especie más utilizada es *Juglans neotropica* con 66,7 % de frecuencia. Finalmente, para la categoría medicina veterinaria, la única especie citada fue: *Verbena litoralis*, lo mismo ocurre con las categorías miel para insectos la especie citada es *Cantua quercifolia* y *Ambrosia artemisioides* para la categoría tóxicos éstas con un 100 % de frecuencia de uso.

Nivel de Uso Significativo (NUS) de las especies con usos en el bosque de las cinco comunidades de la parroquia Manú

Las especies con valores superior a 20 %, son considerados significativos desde el punto de vista de su aceptación cultural por la población local. Las especies con mayor NUS se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Importancia de las diez especies con el máximo Nivel de Uso Significativo

Nombre Científico	Nombre Local	Comunidad	Nº de citas	(NUS)
<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C Sm	Joyapa	Sequer	6	13,33
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aliso	Bellavista	4	9,09
<i>Prunus serotina</i> Ehrh	Capuli	Bellavista	4	9,09
<i>Valeriana microphylla</i> HBK.	Valeriana	Bellavista	4	9,09
<i>Clinopodium brownei</i> (Sw.) Kuntze	Tipo	Sequer	4	8,89
<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br	Gañil	Sequer	4	8,89
<i>Rubus mollifrons</i> Focke	Zarzamora	Sequer	4	8,89
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja	Udushe	5	8,77
<i>Inga striata</i> Benth.	Guaba	Udushe	5	8,77
<i>Escallonia pendula</i> (Ruiz & Pav.)	Shinin	Durazno	3	8,11
<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C Sm	Joyapa	Durazno	3	8,11

NUS: Nivel de Uso Significado

De las 89 especies de plantas útiles registradas para el presente estudio, ninguna obtuvo un valor superior o igual al 20 %, pero para efectos de interpretación se consideran las que tienen un mayor valor, esto se puede deber a que las personas han aprovechado casi todas las especies de alto valor económico,

han deforestado los bosques y/o la mayoría de población han perdido sus raíces culturales ancestrales. Las especies con mayor tipo de importancia y verificación dentro de las comunidades estudiadas son: *Macleania rupestris*, *Alnus acuminata*, *Prunus serotina* y *Valeriana microphylla*.

Tendencia generacional de conocimientos de los usos de los productos forestales no maderables de origen vegetal en cinco comunidades de la parroquia Manú.

Conocimiento de especies por sexo y grupos etarios.

En la Tabla 3 se presenta un resumen del nivel de conocimiento de los diferentes grupos etarios sobre las especies florísticas de las comunidades estudiadas en la parroquia Manú.

Tabla 3. Resumen de conocimiento de las especies por sexo y grupo etario

	CONOCIMIENTO							
	Adultos jóvenes 15 – 30		Adultos 30 – 50		Adultos mayores > 50		Conocimiento general	
	Tendencia de Uso		Tendencia de Uso		Tendencia de Uso			
	Valor de uso		Valor de uso		Valor de uso			
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Número de especies conocidas por hombres y mujeres	20	19	27	32	32	30	53	60
Porcentaje de especies conocidas por hombres y mujeres	22,47	21,35	30,34	35,96	35,96	33,71	59,6	67,42

No existe una marcada diferencia en el conocimiento de uso de las especies entre hombres y mujeres: así, los hombres reconocen un 59,6 % y las mujeres 67,42 %.

Tendencias de uso de los conocimientos por grupo etario.

Los valores de la tendencia de uso para cada una de las especies por grupo etario en las 5 comunidades estudiadas se presentan de forma resumida en la Tabla 4.

Tabla 4. Resumen de tendencia de uso en conocimiento y especie

Comunidad	Adultos jóvenes 15 – 30 años			Adultos 30 – 50 años			Adultos mayores > 50 años		
	Tendencia de Uso			Tendencia de Uso			Tendencia de Uso		
	Valor de uso			Valor de uso			Valor de uso		
	VU1	VU2	VU3	VU1	VU2	VU3	VU1	VU2	VU3
Bellavista	0	0	10	0	1	14	0	3	11
Durazno	0	1	5	1	3	8	0	4	8
Manú	1	1	9	1	0	19	0	4	16
Sequer	1	1	11	0	1	14	0	0	15
Udushe	0	2	11	1	2	16	1	5	13
Total	2	5	46	3	7	71	1	16	63

VU= Valor de uso, VU1= El/la informante sabe del uso pero nunca lo ha utilizado (o no recuerda/no quiere admitir).

VU2= El/la informante lo hacía antes pero ya no

VU3=El/la informante lo sigue utilizando

Los adultos mayores son los que más conocen sobre el uso de las especies que proveen PFSNM, debido a que sus padres usaban las plantas como primera opción, a esto se suma su relación con el bosque y la realización de actividades agropecuarias; los adultos también conocen, pero en menor cantidad y, por último, los jóvenes conocen muy poco, debido posiblemente a su bajo interés y a la falta de transmisión de conocimiento generacional.

■ DISCUSIÓN

Según las entrevistas aplicadas a la población de las cinco comunidades de la parroquia Manú se obtuvo un total de 89 especies que proveen PFSNM, resultado cercano a lo reportado por Orellana (2012), con 75 especies útiles en tres comunidades de la parroquia Santiago; diferente a lo encontrado por Japón (2009), con 57 especies en la comunidad Ilincho del cantón Saraguro; Hurtado y Ulloa (2013) reportan 128 especies en tres parroquias del cantón Espíndola, valor mayor a lo encontrado por Andrade y Jaramillo (2012) en bosques del cantón Macará con 111 especies útiles como PFSNM.

La categoría de PFSNM más importante en las cinco comunidades estudiadas en Manú es medicina humana, resultados similares a los de Japón (2009) en comunidades de la ciudad de Saraguro, esto debido a que aún se mantiene el uso de la medicina ancestral con el empleo de plantas; este dato difiere de Andrade y Jaramillo (2012), en bosques secos de Macará, los que reportan la categoría alimentos y bebidas como la más significativa.

El valor de uso conseguido en las comunidades de la parroquia Manú, sugiere que existen escasas especies con varios usos; el rango de uso se enmarca de 4 a 2; 4 con el valor más alto pero con una sola frecuencia y 2 el valor más bajo con frecuencia de 9; esto se puede deber a tres aspectos: el primero porque los conocimientos se erosionaron generacionalmente, el segundo por la escasez de áreas de bosque y vegetación natural donde coleccionar las especies que proveen PFSNM y el tercero debido al escaso interés de la población local y a la facilidad de conseguir recursos en mercados, farmacias; esto concuerda con las aseveraciones dadas por Aguirre *et al.*, (2013).

Categorías de uso de los PFSNM

En la categoría medicina humana existe diversidad de especies (árboles, arbustos y hierbas), que son usadas para este fin, y son de importancia especial para las mujeres por sus propiedades medicinales, esto puede deberse a la responsabilidad de velar por la salud y bienestar de su familia; lo aseverado es corroborado por Mora (2013) en Santa Rufina que indica que los hombres se dedican a otras actividades como la agricultura, explotación de madera y ganadería, lo cual también es ratificado por Andrade y Jaramillo (2012) en Macará.

En la categoría alimentos y bebidas se identificaron 24 especies comestibles, similar a los resultados obtenidos por Andrade y Jaramillo (2012), quienes reportaron 24 especies datos coincidentes con los de Aguirre *et al.*, (2012) con 24 especies de los bosques secos de Macará; Maldonado y Ramírez (2008) registran una cantidad similar en dos remanentes del bosque El Achiral del cantón Celica con 22 especies.

En la categoría fibras, sogas y cercos se identificaron 12 especies utilizadas para este fin, resultado similar a lo reportado por Hurtado y Ulloa (2013) en Jimbura con 10 especies para esta categoría; y superior a lo indicado por Andrade y Jaramillo (2012) solo reportan 3 especies en Macará.

Existe una variedad de especies consideradas en la categoría místico (12 especies), estas especies son utilizadas en los rituales para: mal aire, amuleto de protección de los malos pensamientos y mala suerte; información corroborada por Hurtado y Ulloa (2013) en Jimbura y por Andrade y Jaramillo (2012) en Macará.

En Manú se observó que en la mayoría de viviendas usan materiales de construcción y herramientas de labranza elaboradas de especies vegetales obtenidos de los bosques; esto significa que las personas de las comunidades de Manú aún conocen y usan árboles y arbustos nativos, información que es corroborada por Mora (2013) en la parroquia Santa Rufina y por Hurtado y Ulloa (2013) que confirman usos similares en Jimbura, Amaluza.

En la parroquia Manú existe la tradición de fabricar lomillos, arados, yugos, bateas e implementos de cocina con madera obtenida de especies del bosque como *Alnus acuminata*, *Oreopanax roseii*, *Acacia macracantha*, *Anona cherimolia*; estos resultados son similares con lo reportado por Japón (2009) en Saraguro.

El uso de forraje de especies arbóreas y arbustivas como alimento para el ganado bovino y equino, es una práctica tradicional de la población rural de Manú para complementar la dieta alimenticia del ganado. En el presente estudio se reportan seis especies forrajeras, número menor al registrado por Hurtado y Ulloa (2013), con 24 especies en su zona de Jimbura; y Maldonado y Ramírez (2008), que registran 45 especies en bosque andino de Achiral del cantón Celica.

La importancia de las plantas ornamentales se ha incrementado con el desarrollo económico de la sociedad, las casas que poseen jardines en zonas urbanas y rurales cada vez son mayores, y con ello la necesidad de seleccionar especies para éste uso; lo cual es una posibilidad de aprovechamiento para las comunidades, teniendo en cuenta características específicas como: presencia de flores vistosas, hojas y tamaño llamativo y facilidad para utilizar como cercas. En la zona de estudio se registran especies con estos usos, lo que es similar a lo reportado por Orellana (2012), Japón (2009) y Hurtado y Ulloa (2013) en ecosistemas similares.

Las personas adultas mencionaron que en el pasado se realizaba el teñido de lana y algodón con la corteza de *Juglans neotropica*, ésta práctica ha desaparecido con el tiempo. Actualmente es un uso conocido solo por personas mayores a 50 años, pero que ya no se realiza con frecuencia, estos resultados son similares a los reportados por Japón (2009), Orellana (2012) y Andrade y Jaramillo (2012).

En la categoría medicina veterinaria, se registra una especie utilizada, esto se debe al empleo de fármacos fáciles de conseguir y de acción rápida, información corroborado por Japón (2009), en Saraguro, sin embargo, Hurtado y Ulloa (2013), reportan 14 especies con este uso en la localidad de Jimbura, cantón Amaluza

En la categoría miel para insectos se identificó una especie para este fin; Hurtado y Ulloa (2013) registraron 6 especies de esta categoría y un número mayor fue reportado por Andrade y Jaramillo (2012), quienes reconocieron 18 especies.

Finalmente, en la categoría tóxicos se identificó una especie; Hurtado y Ulloa (2013) registraron 2 especies para esta categoría; por el contrario, Andrade y Jaramillo (2012) reportaron 16 especies.

En lo relacionado al Nivel de Uso Significativo (NUS) en las cinco comunidades estudiadas en Manú,

no se encontró especies que alcancen el valor mínimo de 20 % que recomienda la metodología para que las especies sean consideradas con importancia social-cultural, esto posiblemente se debe a que se han aprovechado casi todas las especies de alto valor económico, han deforestado los bosques y/o la mayoría de población han perdido sus raíces culturales ancestrales; estas aseveraciones son corroboradas por Minga (2016) en Yacuambi.

Pérdida de conocimientos de usos de los PFSM de origen vegetal

No existe una marcada diferencia en el conocimiento de uso de las especies del bosque, entre hombres y mujeres, situación que es corroborada por Andrade y Jaramillo (2012), en su estudio en el cantón Macara que señalan que tanto hombres y mujeres tienen el mismo nivel de conocimiento (80,25 %). Mientras Japón (2009), en su estudio realizado en la comunidad Gurudel señala que son los hombres con el 84,44 % son quienes demuestran mayor conocimiento de las especies, frente a un 83,33 % de mujeres.

En cuanto a los grupos etarios, los adultos mayores son los que más conocen sobre el uso de las especies que proveen PFSM, debido a que en sus tiempos sus padres aun usaban las plantas como primera opción, a esto se suma su relación con el bosque y la realización de actividades agropecuarias; los adultos también conocen, pero en menor cantidad y, por último los jóvenes conocen muy poco, debido posiblemente a su bajo interés y a la falta de transmisión de conocimiento generacional, causado por el esnobismo y escaso interés; esto es corroborado por Minga (2016), Japón (2009) y Orellana (2012).

Relacionado a que si aún usan o no las especies que proveen PFSM en la parroquia Manú, los adultos mayores conocen de los usos y cuando necesitan lo siguen haciendo, los adultos demuestran conocimientos medios, debido a que, la mayoría de las actividades que desarrollan tienen relación con sus padres y abuelos; los jóvenes saben del uso de las plantas, pero casi nunca utilizan y, su nivel de conocimiento es bajo, comparado con los demás grupos etarios, esto es ratificado por Japón (2009) y Minga (2016).

Posiblemente las causas que han provocado la pérdida de conocimientos de uso es la migración de las personas jóvenes hacia las ciudades. Los jóvenes y adultos son quienes migran; en el caso de los hombres salen frecuentemente para emplearse como jornaleros en bananeras y camaroneras, y, como trabajadores en zonas de mineras como La Ponce Enríquez, Portovelo, Zaruma, debido a la cercanía. Las mujeres generalmente migran por temporadas más largas o de forma definitiva hacia otras ciudades, para realizar trabajos domésticos.

CONCLUSIONES

El método etnobotánico cuantitativo utilizado permitió visualizar los factores que influyen en el valor de uso de especies vegetales entre hombres y mujeres de la población, en base a lo cual se reporta: 89 especies entre árboles, arbustos y hierbas; la gente conoce sobre los usos de las plantas, pero no utiliza; por lo cual la tradición de uso se está perdiendo, especialmente en los jóvenes.

Las especies con mayor frecuencia de uso dentro de cada una de las categorías son: medicina humana: *Oreocallis grandiflora* y *Piper aduncum*, alimentos y bebidas: *Macleania rupestris*, *Inga striata*; *Annona cherimola* y *Prunus serotina*, fibras para sogas y cercos: *Ferreyranthus verbascifolius*, *Myrcianthes rhopaloides* y *Yucca guatemalensis*, místico/rituales: *Ambrosia artemisioides* y *Baccharis latifolia*, materiales de construcción/herramientas de labranza: *Alnus acuminata*, artesanías: *Escallonia pendula*

y *Pteridium arachnoideum*, forraje: *Caesalpinia spinosa* y *Arundo donax*, ornamental: *Bougainvillea* sp y *Bougainvillea spectabilis*, colorantes y tintes: *Juglans neotropica*, medicina veterinaria: *Verbena litoralis*, miel de insectos: *Cantua quercifolia* y tóxicos: *Ambrosia artemisioides*.

El conocimiento de uso por sexo (hombres y mujeres) en las comunidades estudiadas en la parroquia Manú es igual, es decir hombres y mujeres conocen igual, así 53 especies los hombres y 60 las mujeres; este conocimiento se enmarca especialmente en especies como *Acacia macracantha*, *Agave americana*, *Alnus acuminata*, *Ambrosia artemisioides* y *Clinopodium brownei*.

AGRADECIMIENTOS

Al Herbario “Reinaldo Espinosa” –LOJA- de la Universidad Nacional de Loja, por el apoyo en la identificación de especímenes botánicos; al Ing. Zhofre Aguirre Mendoza por el apoyo en la revisión del manuscrito original.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN POR AUTOR

Claudia Pineda Armijos, colecto los datos de campo, sistematizó y elaboro el manuscrito original. Nohemí Jumbo y Paulina Fernández, revisaron el documento e hicieron aportes. Nelson Jaramillo, apoyo al análisis de información y revisión del documento final de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z. (2013). Estructura del bosque seco de la provincia de Loja y sus productos Forestales no Maderables: Caso de estudio Macará. Tesis Ph.D. Universidad de Pinar del Río. Facultad Forestal y Agronomía. Departamento Forestal. Pinar del Río, Cuba.
- Aguirre, Z., León, N. (2011). Sobrevivencia y crecimiento inicial de especies vegetales en el Jardín Botánico de la quinta El Padmi, Zamora, Chinchipe. Revista Arnaldoa.
- Aguirre, Z.; Betancourt, F, Y.; Geada, G (2012). Productos forestales no maderables de los bosques secos del cantón Macará, Loja Ecuador. Revista Forestal Baracoa 31 (Special Electronic).
- Andrade, J; Jaramillo, L. (2012). Potencialidad y tradiciones de usos de productos forestales no maderables de origen vegetal de los bosques estacionales secos de Macará, provincia de Loja. Tesis Ingeniero Forestal. Loja, Ecuador.
- Añasco, M. Morales, W. Palacios, E. Vega, A. Cuesta. (2010). Sector Forestal Ecuatoriano: Propuestas para una gestión forestal sostenible. Serie Investigación y Sistematización N°8. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION. Quito.
- Carrillo, T., Moreno, G. (2006). Importancia de las plantas medicinales en el autocuidado de la salud en tres caseríos de Santa Ana Trujillo, Venezuela. Revista de la Facultad de Farmacia. Vol. 48 (2): 21-28.

Pineda, C., Jumbo, N., Fernández, P. y Jaramillo, N. (2019). Productos forestales no maderables en cinco comunidades de la parroquia Manú, Saraguro, provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 9(1): 46 - 57.

- Hurtado, S.; Ulloa, L. (2013). Productos Forestales No Maderables (Pfnm) de las Parroquias Amaluza, Jimbura y Santa Teresita del Cantón Espíndola, ubicadas en la zona de influencia del Parque Nacional Yacuri. Tesis Ing For. Loja. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.
- Japón, P. (2009). Etnobotánica de cuatro comunidades indígenas de Saraguro, provincia de Loja. Tesis Ing. For. Loja. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.
- Jiménez, A. García, M., Sotolongo, R., González, M. y Martínez M. (2010). Productos forestales no madereros en la comunidad Soroa, Sierra del Rosario. *Revista Forestal Baracoa* 29(2):83-88.
- Maldonado, L.; Ramírez, D. (2008). Composición Florística, Estructura y Valor de Uso Etnobotánico en dos Remanentes del Bosque Achiral Cantón Cética Provincia de Loja. Tesis Ing Gestión Ambiental. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Marín, C.; Cárdenas, D.; Suárez, S. (2005). Utilidad del valor de uso en etnobotánica, estudio en el departamento de Putumayo (Colombia). Artículo científico Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Bogotá, Colombia.
- Minga, S. (2016). Productos Forestales no Maderables de origen vegetal de cinco comunidades del cantón Yacuambi, Zamora Chinchipe. . Tesis Ingeniero Forestal. Loja. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.
- Mora G. (2013). Potencialidades y usos de los productos Forestales No Maderables de origen vegetal de la parroquia Santa Rufina, cantón Chaguarpamba, provincia de Loja. Tesis Ingeniero Forestal. Loja. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.
- Orellana, M., (2012). Estudio Etnobotánico en tres Comunidades en la Parroquia Santiago, Cantón Loja, Provincia de Loja. Tesis Ing. For. Loja. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2002). Los fertilizantes y su uso. Cuarta edición. Roma, Italia.
- PDOT Manú. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Manú.

Balance hormonal para la fase de brotación y enraizamiento in vitro de explantes de *Cinchona Officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja

Hormone balance for the phase of sprouting and rooting in vitro explants of *Cinchona officinalis* L., from of wooded relicts province of Loja

Eras-Guamán Victor ^{1*}
Moreno José ¹
Yaguana Magaly ²
Poma Ruth ²
Paredes Daniela ³

¹Docente Investigador, Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

²Técnico del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

³Tesista de la Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

*Autor para correspondencia: victorhugoeras@hotmail.com // victor.eras@unl.edu.ec

RECIBIDO: 31/03/2019

APROBADO: 27/05/2019

RESUMEN

C*inchona officinalis* L., quina o cascarilla, es endémica de la provincia de Loja, es uno de los géneros de mayor importancia por el alto contenido de alcaloides que contiene su corteza, el cual durante siglos ayudó a combatir la malaria. En la presente investigación se determinó el balance hormonal adecuado para las fases de multiplicación y enraizamiento *in vitro* de *Cinchona officinalis* L. El material vegetal fue proveniente de tres relictos boscosos de la provincia de Loja: Zamora Huayco, Uritusinga y Selva Alegre. Para la fase de multiplicación y enraizamiento *in vitro* se utilizó ápices caulinares y segmentos nodales provenientes de vitroplantas, se sembraron en medio de cultivo Murashige & Skoog (MS) suplementado con auxinas y citocininas en diferentes concentraciones; para brotamiento: AIA (0.0; 0.2; 0.5 mg L⁻¹) y BAP (2.0 y 2.5 mg L⁻¹) y enraizamiento AIB (0.0; 0.2; 1.0; 2.0 mg L⁻¹) y BAP (0.0 y 0.5 mg L⁻¹). El tratamiento T2 (0.0 mg L⁻¹ AIA + 2.5 mg L⁻¹ BAP) se obtuvo mayor porcentaje de brotación en los tres sectores Zamora Huayco con 97,78 %, Uritusinga 93,33 % y Selva Alegre alcanzando 78,89 %. Así También, el T2 (2.0 mg L⁻¹ AIB + 0.0 mg L⁻¹ BAP), presentó mayor porcentaje de enraizamiento en los sectores Zamora Huayco con 46,11 %, Uritusinga 17,78 % y Selva Alegre con 26,67 %. De esta manera, se comprobó que a mayor concentración de citoquininas mayor estimulación de brotes; y al ser combinadas con auxinas a altas concentraciones se estimulan la formación de raíces.

Palabras clave: *Cinchona*, *in vitro*, reguladores de crecimiento, brotamiento, enraizamiento.

ABSTRACT

Cinchona officinalis L., quina or cascarilla, is endemic to the province of Loja, is one of the most important genera due to the high content of alkaloids contained in its bark, which for centuries helped to fight malaria. In the present investigation the hormonal balance suitable for the phases of multiplication and *in vitro* rooting of *Cinchona officinalis* L. was determined. The vegetal material came from three wooded relict of the province of Loja: Zamora Huayco, Uritusinga and Selva Alegre. For the *in vitro* multiplication and rooting phase, caulinar apices and nodal segments from vitroplants were used, they were seeded in Murashige & Skoog (MS) culture medium supplemented with auxins and cytokinins in different concentrations; for sprouting: AIA (0.0; 0.2; 0.5 mg L⁻¹) and BAP (2.0 and 2.5 mg L⁻¹) and rooting AIB (0.0; 0.2; 1.0; 2.0 mg L⁻¹) and BAP (0.0 and 0.5 mg L⁻¹). The treatment T2 (0.0 mg L⁻¹ AIA + 2.5 mg L⁻¹ BAP) obtained a higher sprouting percentage in the three sectors Zamora Huayco with 97,78 %, Uritusinga 93,33 % and Selva Alegre reaching 78.89 %. Likewise, T2 (2.0 mg L⁻¹ AIB + 0.0 mg L⁻¹ BAP), presented the highest percentage of rooting in the Zamora Huayco sectors with 46,11 %, Uritusinga 17,78 % and Selva Alegre with 26,67 %. In this way, it was found that the higher the concentration of cytokinins, the greater the stimulation of shoots; and when combined with auxins at high concentrations, root formation is stimulated.

Key words: *Cinchona*, *in vitro*, growth regulators, sprouting, rooting.

INTRODUCCION

El género *Cinchona* es nativo de los valles andinos de Sudamérica, se encuentra en las estribaciones desde Venezuela a Bolivia, siguiendo los bosques nublados andinos, la especie tiene preferencia por los lugares más escarpados y de fuerte pendiente (Acosta-Solís, 1947; Anderson y Taylor, 1994; Camp, 1949; Zevallos, 1989). Se distribuye a lo largo de la zona tropical y ecuatorial de la cordillera de los Andes, desde los 12° de latitud norte hasta los 20° de latitud sur (Anderson y Taylor, 1994). En Ecuador, se encuentra distribuida en las provincias de Bolívar, Cañar, Azuay, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Loja (Jorgensen y León, 1999).

Cinchona officinalis L., comúnmente llamada quina o cascarilla es considerada como “Planta Nacional del Ecuador”, pues simbolizó el origen histórico del “Árbol de la vida” (Anda, 2002; Córdor *et al.*, 2009; Garmendia, 2005; Moya, 1994) debido a las propiedades en su corteza. Además, es una de las especies endémicas más representativas que se encuentra localizada en pequeñas áreas geográficas del Valle de Loja (Anderson y Taylor, 1994; Córdor *et al.*, 2009).

Esta especie ha sido de gran importancia para la economía e historia de los países en los que se encuentra, la utilización de quina y quinina de la corteza, supuso un singular aporte para la salud y la cultura universal (Buddenhagen *et al.*, 2004; Garmendia, 2005) pues, fue el único remedio eficaz contra el paludismo y la malaria (Anderson y Taylor, 1994; Córdor *et al.*, 2009; Cuvi, 2011). La cascarilla tiene un nuevo uso en el mercado, pues es muy utilizada en la industria de alimentos y bebidas, como las aguas tónicas de sabor amargo, el más conocido “*gin tonic*” que ha conquistado varios mercados de

Europa y Estados Unidos (Ulloa, 2006). De igual manera, su madera se utiliza para postes, puntales, vigas, leña y carbón (Loján, 1992).

A partir de esto, la excesiva demanda de *Cinchona* provocó durante años la explotación irracional de las especies que comprenden este género, sumado a ello, actividades como: la deforestación, incremento demográfico, incendios forestales, ampliación de la frontera agrícola y pecuaria han ocasionado la destrucción de su hábitat, reduciendo significativamente sus poblaciones, encontrándose únicamente en lugares apartados y en pequeños relictos boscosos; provocando a su vez, una baja tasa de germinación y regeneración natural (Anda, 2002; Madsen, 2002; Buddenhagen *et al.*, 2004).

Ante lo expuesto, surge la necesidad de realizar estudios en busca de nuevas metodologías alternativas de propagación que permitan el uso de herramientas biotecnológicas, como la técnica de propagación *in vitro* de tejidos vegetales, con el fin de incidir en la recuperación, conservación y protección de la especie; así como, aportar en programas de forestación y reforestación impulsados por organismos gubernamentales y no gubernamentales, para recuperar zonas degradadas y sus ecosistemas.

Con estos antecedentes, el presente trabajo de investigación está orientado a generar información científica sobre la propagación *in vitro* de *Cinchona officinalis* L., para determinar el balance hormonal adecuado en las fases de brotamiento y enraizamiento, con la finalidad de multiplicar plantas de *Cinchona* de forma rápida, eficiente y en grandes cantidades. Además; cabe mencionar que la investigación se desarrolló durante el periodo: julio 2017- agosto 2018, el mismo que formó parte del proyecto de investigación: “Procesos biotecnológicos para iniciar el mejoramiento genético de *Cinchona officinalis* L., proveniente de relictos boscosos de la provincia de Loja”, que se ejecutó en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja.

■ MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador (4° 1' 56,18" S; 79° 12' 0,07" O).

Material vegetal

Previo al establecimiento de los ensayos, se obtuvo plántulas a partir de la germinación *in vitro* de semillas, provenientes de tres relictos boscosos en la provincia de Loja: Zamora Huayco (cantón Loja), Uritusinga (cantón Catamayo) y Selva Alegre (cantón Saraguro); y se utilizó el medio de cultivo basal conformado por sales minerales de MS (Murashige & Skoog 1962), suplementado con vitaminas y sacarosa al 2,0 %. Se ajustó el pH a $5,8 \pm 0,2$ con NaOH o HCL.

Fase de brotamiento *in vitro* en explantes de *C. officinalis*.

Se seleccionaron los ápices caulinares y segmentos nodales de las plántulas germinas *in vitro*, se sembraron en un medio de cultivo basal estuvo constituido por las sales minerales MS (Murashige & Skoog, 1962), suplementado con vitaminas (Tiamina 1 mg L^{-1} y Mio-inositol 100 mg L^{-1}), sacarosa (2 %) como fuente de carbohidratos, agar (0.6 %) como agente gelificante, y se adicionó la interacción de dos hormonas: ácido indolacético (0.0, 0.2, 0.5 mg L^{-1}), 6-bencil-aminopurina (2.0, 2.5 mg L^{-1}). El pH de los medios de cultivo se ajustó a 5.8 ± 0.2 con NaOH

Eras-Guamán, V., Moreno, J., Yaguana, M., Poma, R. y Paredes, D. (2019). Balance hormonal para la fase de brotación y enraizamiento *in vitro* de explantes de *Cinchona Officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 9(1): 58 - 68.

1N; se sembraron 2 explantes/vial, a temperatura de 23 ± 2 °C y un fotoperiodo de 16-8 horas, luz-oscuridad (Tabla 1). En el diseño experimental se utilizó un diseño complementa al azar (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones. La evaluación se llevó a cabo por observación directa, por un periodo de 90 días, después de realizada la siembra *in vitro*. La variable de evaluación fue el porcentaje de brotación.

Tabla 1. Efecto de la combinación hormonal auxina-citoquinina en el desarrollo de brotes a partir de ápices caulinares y segmentos nodales en *Cinchona officinalis* L.

Tratamiento	Descripción
T1	0.0 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP
T2	0.0 mg L ⁻¹ AIA + 2.5 mg L ⁻¹ BAP
T3	0.2 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP
T4	0.5 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP

Fase de enraizamiento *in vitro* de *C. officinalis* L.

Se seleccionaron los ápices caulinares y segmentos nodales de las plántulas germinas *in vitro*, se sembraron en un medio de cultivo basal estuvo constituido por las sales minerales MS (Murashige & Skoog, 1962), suplementado con vitaminas (Tiamina 1 mg L⁻¹ y Mio-inositol 100 mg L⁻¹), sacarosa (2 %) como fuente de carbohidratos, agar (0.6 %) como agente gelificante, carbón activado (1 g L⁻¹) y se adicionó la interacción de dos hormonas: ácido indolbutírico (1.0, 2.0 mg L⁻¹), 6-bencil-aminopurina (0.0, 0.5 mg L⁻¹) (Tabla 2). El pH de los medios de cultivo se ajustó a 5.8 ± 0.2 con NaOH 1N; se sembraron 2 explantes/vial, a temperatura de 23 ± 2 °C y un fotoperiodo de 16-8 horas, luz-oscuridad, por un periodo de 90 días. Se utilizó un diseño experimental, complementa al azar (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones. La evaluación se llevó a cabo por observación directa, por un periodo de 90 días. La variable de evaluación fue el porcentaje de enraizamiento (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de la interacción auxina - citoquinina, en el enraizamiento de brotes a partir de ápices caulinares y segmentos nodales en *Cinchona officinalis* L.

Tratamiento	Descripción
T1	1.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.0 mg L ⁻¹ BAP
T2	2.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.0 mg L ⁻¹ BAP
T3	1.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.5 mg L ⁻¹ BAP
T4	2.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.5 mg L ⁻¹ BAP

Análisis estadístico

Se utilizó el software Info Stat (Di Rienzo *et al.*, 2009). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), estableciendo diferencias significativas con el Test de Tukey a un nivel de significancia de 0.05 en cada uno de los ensayos realizados.

RESULTADOS

El ANOVA y la Prueba de significancia de Tukey mostró que solo en el sector de Zamora Huayco de la variable brotamiento, existe diferencias significativas; y, para los sectores restantes tanto para las variables de % brotamiento y % enraizamiento no existen diferencias significativas entre tratamientos según la prueba realizada con significancia $p < 0,005$ (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto del balance hormonal auxinas-citoquininas para la proliferación de brotes y raíces en *C. officinalis*.

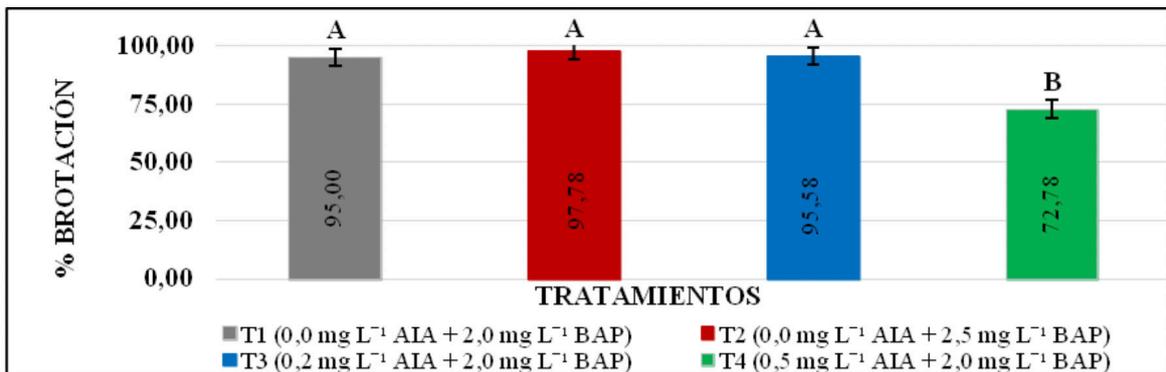
SECTOR	TRATAMIENTO	Brotamiento		TRATAMIENTO	Enraizamiento	
		% ± E.E	p-value		% ± E.E	p-value
ZAMORA HUAYCO	T1 (0.0 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP)	95.00 ± 3.82 A	0.0053	T1 (1.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.0 mg L ⁻¹ BAP)	39.44 ± 10.78 A	0.8224
	T2 (0.0 mg L ⁻¹ AIA + 2.5 mg L ⁻¹ BAP)	97.78 ± 3.82 A		T2 (2.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.0 mg L ⁻¹ BAP)	46.11 ± 10.78 A	
	T3 (0.2 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP)	95.56 ± 3.82 A		T3 (1.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.5 mg L ⁻¹ BAP)	41.67 ± 10.78 A	
	T4 (0.5 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP)	72.78 ± 3.82 B		T4 (2.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.5 mg L ⁻¹ BAP)	43.33 ± 10.78 A	
URITUSINGA	T1 (0.0 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP)	83.89 ± 2.94 A	0.1814	T1 (1.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.0 mg L ⁻¹ BAP)	00.00 ± 4.99 A	0.2557
	T2 (0.0 mg L ⁻¹ AIA + 2.5 mg L ⁻¹ BAP)	93.33 ± 2.94 A		T2 (2.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.0 mg L ⁻¹ BAP)	17.78 ± 4.99 A	
	T3 (0.2 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP)	92.78 ± 2.94 A		T3 (1.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.5 mg L ⁻¹ BAP)	9.44 ± 4.99 A	
	T4 (0.5 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP)	92.22 ± 2.94 A		T4 (2.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.5 mg L ⁻¹ BAP)	15.00 ± 4.99 A	
SELVALEGRE	T1 (0.0 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP)	70.56 ± 7.36 A	0.8420	T1 (1.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.0 mg L ⁻¹ BAP)	12.22 ± 9.99 A	0.3461
	T2 (0.0 mg L ⁻¹ AIA + 2.5 mg L ⁻¹ BAP)	78.89 ± 7.36 A		T2 (2.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.0 mg L ⁻¹ BAP)	26.67 ± 9.99 A	
	T3 (0.2 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP)	77.22 ± 7.36 A		T3 (1.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.5 mg L ⁻¹ BAP)	26.67 ± 9.99 A	
	T4 (0.5 mg L ⁻¹ AIA + 2.0 mg L ⁻¹ BAP)	75.56 ± 7.36 A		T4 (2.0 mg L ⁻¹ AIB + 0.5 mg L ⁻¹ BAP)	17.22 ± 9.99 A	

Brotamiento *in vitro* en explantes de *C. officinalis*.

Sector Zamora Huayco

En ápices caulinares y segmentos nodales, se evaluó el efecto del BAP sólo y en combinación con IAA en la inducción de brotes. El ANOVA y la Prueba de significancia de Tukey al 5 % mostró que existen diferencias significativas entre tratamientos en porcentaje de brotamiento ($P = 0.0053^*$), número de brotes por explante ($P = 0.0053^*$) y longitud promedio de brotes ($P = 0.0110^*$) (Figura 1; Tabla 3).

Eras-Guamán, V., Moreno, J., Yaguana, M., Poma, R. y Paredes, D. (2019). Balance hormonal para la fase de brotación y enraizamiento *in vitro* de explantes de *Cinchona Officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 9(1): 58 - 68.

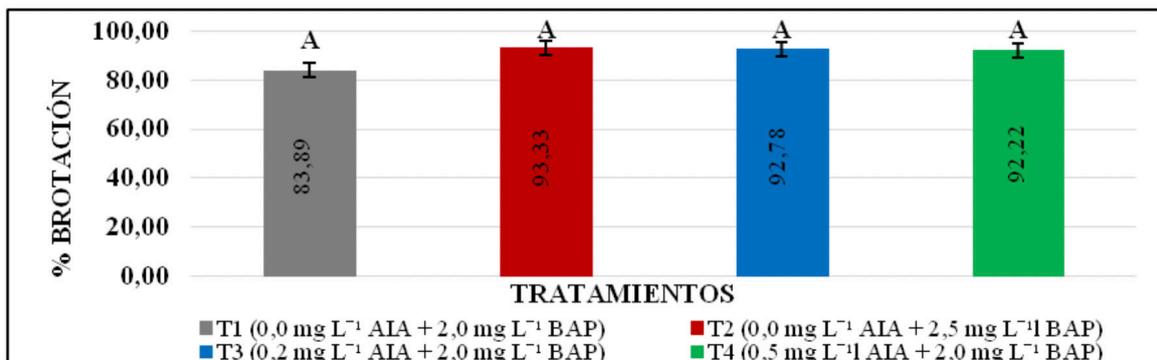


Letras distintas indican diferencias significativas $p < 0,05$

Figura 1. Porcentaje de brotación a partir de ápices caulinares y segmentos nodales de *Cinchona officinalis* L., sector Zamora Huayco.

Sector Uritusinga

El ANOVA y la Prueba de significancia de Tukey al 5 % mostró que existen diferencias significativas entre tratamientos en la longitud promedio de brotes ($P = 0.0257^*$). Sin embargo, no existen diferencias significativas entre tratamientos en el porcentaje de brotamiento ($P = 0.1814$) y número de brotes por explante ($P = 0.1227$) (Figura 2; Tabla 3).

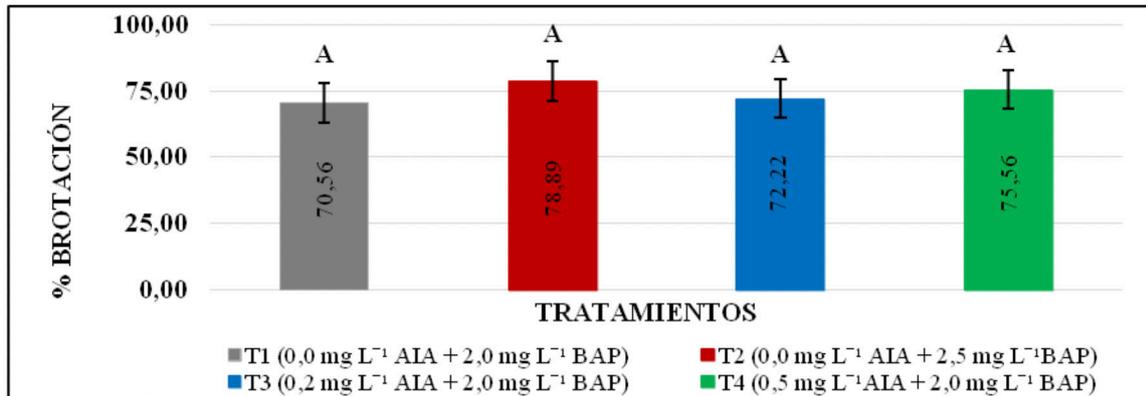


Letras distintas indican diferencias significativas $p < 0,05$

Figura 2. Porcentaje de brotación a partir de ápices caulinares y segmentos nodales de *Cinchona officinalis* L., sector Uritusinga.

Sector Selva Alegre

El ANOVA y la Prueba de significancia de Tukey al 5 % mostró que no existen diferencias significativas entre tratamientos, en el porcentaje de brotamiento ($P = 0.8420$), número de brotes por explante ($P = 0.8668$) y longitud promedio de brotes ($P = 0.0609$) (Figura 3; Tabla 3).



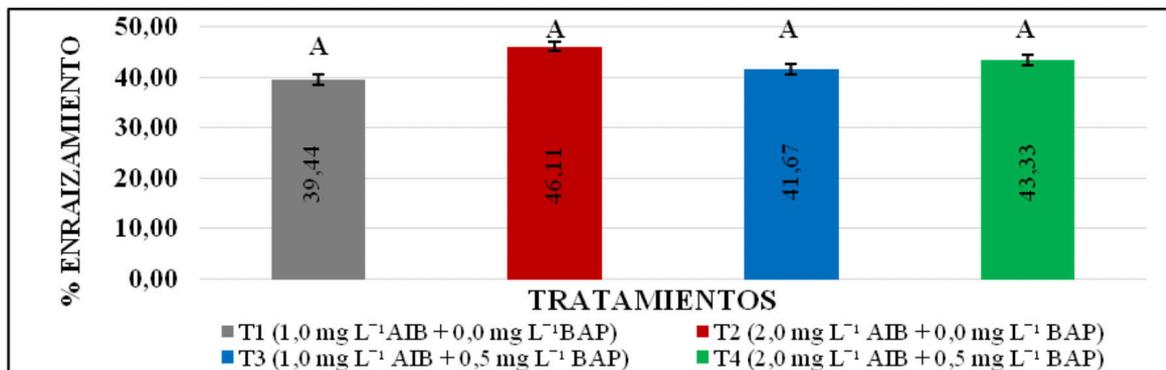
Letras distintas indican diferencias significativas $p < 0,05$

Figura 3. Porcentaje de brotación a partir de ápices caulinares y segmentos nodales de *Cinchona officinalis* L., sector Selva Alegre.

Enraizamiento *in vitro* de *Cinchona officinalis* L.

Sector Zamora Huayco

En ápices caulinares y segmentos nodales, se evaluó el efecto del AIB sólo y en combinación con BAP en la proliferación de raíces. El ANOVA y la prueba de Tukey al 5 %, mostró que no existen diferencias significativas entre tratamientos en porcentaje de enraizamiento ($P=0.8224$), número de raíces por explante ($P=0.8224$) y longitud promedio de raíces ($P=0.8732$) (Figura 4; Tabla 3).



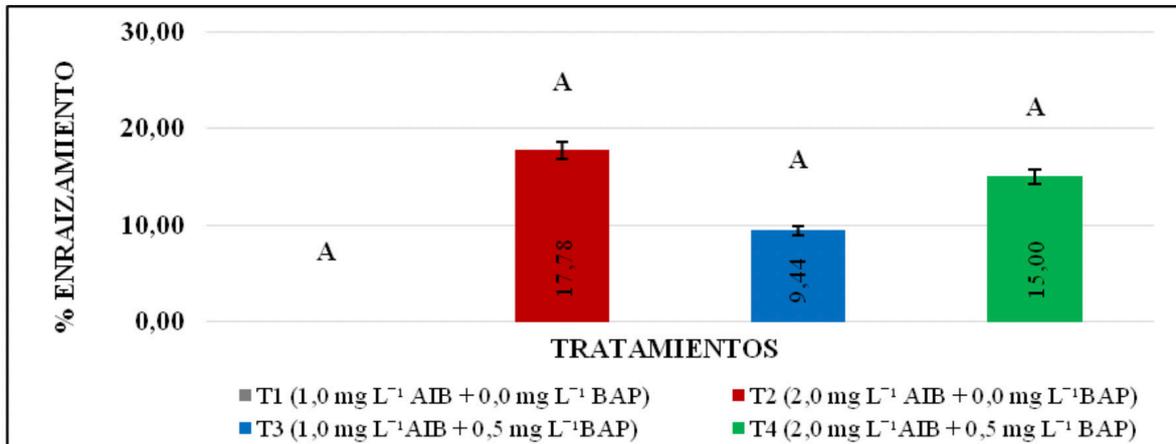
Letras distintas indican diferencias significativas $p < 0,05$

Figura 4. Porcentaje de enraizamiento en explantes de *Cinchona officinalis* L., sector Zamora Huayco.

Sector Uritusinga.

El ANOVA y la prueba de Tukey al 5 %, mostró que no existen diferencias significativas entre tratamientos en porcentaje de enraizamiento ($P=0.2557$), número de raíces por explante ($P=0.2557$) y longitud promedio de raíces ($P=0.8254$) (Figura 5; Tabla 3).

Eras-Guamán, V., Moreno, J., Yaguana, M., Poma, R. y Paredes, D. (2019). Balance hormonal para la fase de brotación y enraizamiento *in vitro* de explantes de *Cinchona Officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 9(1): 58 - 68.

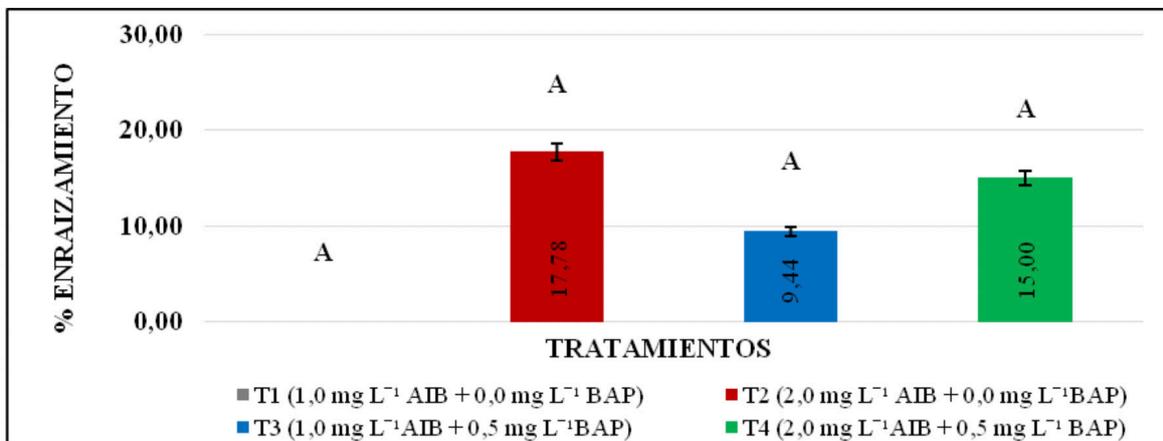


Letras distintas indican diferencias significativas $p < 0,05$

Figura 5. Porcentaje de enraizamiento en explantes de *Cinchona officinalis* L., sector Uritusinga.

Sector Selva Alegre

El ANOVA y la prueba de Tukey al 5 % mostró que no existen diferencias significativas entre tratamientos en porcentaje de brotamiento ($P = 0.3461$), número de raíces por explante ($P = 0.3461$) y longitud promedio de raíces ($P = 0.1992$) (Figura 6; Tabla 3).



Letras distintas indican diferencias significativas $p < 0,05$

Figura 6. Porcentaje de enraizamiento en explantes de *Cinchona officinalis* L., sector Selva Alegre.

DISCUSION

Brotamiento *in vitro* de ápices caulinares y segmentos nodales

En el sector Zamora Huayco, a los 90 días de evaluación se observó que, el mayor porcentaje de brotación (97.78) se obtuvo en el medio suplementado con 0.0 mg L⁻¹ AIA + 2.5 mg L⁻¹ BAP. Estos resultados podrían deberse al efecto del BAP, pues es conocido que las citocininas en cantidades óptimas inducen la proliferación y elongación de brotes y yemas *in vitro* (Pérez., 1998).

Además, la inclusión de bajas concentraciones de auxinas junto con la citoquinina desencadena proliferación de brotes (Jha and Jha, 1989; Roja *et al.*, 1990; Rout and Das, 1997a,b; Sharma and Singh, 1997; Shasany *et al.*, 1998; Tsay *et al.*, 1989). Los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Chamba (2019), que al suplementar el medio con 0,5 mg L⁻¹ ANA + 2.5 mg L⁻¹ BAP obtuvo en promedio 6 brotes/explante de 1,6 cm. Sin embargo, son superiores a los obtenidos por Lima *et al.* (2018) que aplicando 0,2 mg L⁻¹ de ANA + 2 mg L⁻¹ de BAP obtuvieron en promedio 4,73 brotes/explante de 0.83 cm. Armijos-González y Pérez (2011) con 3 IBA + 5 BAP obtuvieron 4,3 brotes/explante y Córdova (2012), con una concentración hormonal de 0.1 mg L⁻¹ de ANA + 1 mg L⁻¹ de BAP obtuvo 4 brotes/explante. Es decir, la aplicación de citocininas en mayor proporción que las auxinas presenta efectos positivos en la inducción y elongación de brotes en especies forestales. (Pérez, 2000; Daquinta, 2003).

Enraizamiento *in vitro* de *Cinchona officinalis* L.

En el sector Zamora Huayco, a los 90 días de evaluación se observó que, el mayor porcentaje de enraizamiento (46.11), se obtuvo en el medio suplementado con 2.0 mg L⁻¹ AIB + 0.0 mg L⁻¹ BAP; estos resultados podrían deberse al efecto del AIB, pues es conocido que las auxinas en cantidades óptimas inducen la proliferación y elongación de raíces *in vitro* (Pérez, 1998). En especies como *Cedrela montana* con 1 mg L⁻¹ + AIB obtuvieron un promedio de 2.4 raíces/explante de 3.6 cm (Díaz *et al.*, 2013). En *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl., con 1.5 mg L⁻¹ AIA obtuvieron 23,90 raíces/explante de 2,41 cm, con medio MS ½ de su concentración (Conde *et al.*, 2017). Los resultados obtenidos podrían deberse a la concentración de la AIB, ya que las auxinas contribuyen al enraizamiento (Jordán y Casereto, 2006).

CONCLUSION

Mediante la técnica de cultivo *in vitro* y utilizando concentraciones adecuadas de citocininas es posible inducir brotamiento y enraizamiento en ápices caulinares y segmentos nodales, en porcentajes buenos, con lo cual se puede obtener material vegetal para futuros ensayos en laboratorio u obtener plantas *in vitro*. Además, los resultados obtenidos, pueden servir como referencia en otras especies forestales.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta-Solís, M. (1947). *Cinchonas del Ecuador*. Editorial del Ecuador, Quito.
- Anda, A. (2002). *La Cascarilla*. Ed. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja-Ecuador.
- Anderson, L., & Taylor, C. (1994). "Rubiaceae-Cinchoneae-Coptosapelteae". En: Harling G, Anderson, L. (Eds), *Flora of Ecuador* No. 50. Council for Nordic Publications in Botany. Museo Botánica. Dinamarca.
- Armijos, R., & Pérez, C. (2011). Germinación y multiplicación *in vitro* en *Cinchona pubescens* Vahl y *Cinchona officinalis* Linneo. Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja, Universidad Politécnica de Madrid.
- Buddenhagen, C., Rentería, J., Gardener, M., Wilkinson, S., Soria, M., Yanez, P., Tye, A., & Valle, R. (2004). Control of a highly invasive tree *Cinchona*, in Galápagos. *Weed Technonolgy* 18: 1194-1202.

Eras-Guamán, V., Moreno, J., Yaguana, M., Poma, R. y Paredes, D. (2019). Balance hormonal para la fase de brotación y enraizamiento *in vitro* de explantes de *Cinchona Officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 9(1): 58 - 68.

- Camp, W. (1949). "Cinchona at high altitudes in Ecuador". *Brittonian Volumene* 6.
- Chamba L. (2019). Procesos biotecnológicos para el brotamiento y enraizamiento de *Cinchona officinalis* L., a partir de vitroplantas, en la Argelia- Loja. (*In press*).
- Conde, V. (2017). Procesos biotecnológicos para la proliferación y enraizamiento *in vitro* de hualtaco *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl., proveniente del bosque seco de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*. 7(1): 34-55.
- Cóndor C., Bras E., Loayza O., & Reyna K. (2009). Estudio Químico De Los Tallos De *Cinchona pubescens* Vahl. *RevSocQuím Perú*. 75 (1).
- Córdova, P. (2012). Evaluación del efecto de los ciclos de cultivo y reguladores de crecimiento sobre la estabilidad genética en el cultivo de segmentos nodales de *Cinchona officinalis* usando marcadores ISSR. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Cuvi, N. (2011). Ciencia e imperialismo en América Latina: La Misión de Cinchona y las estaciones agrícolas cooperativas. Saarbrucken: Editorial Académica Española.
- Daquinta, M., Rodríguez, L., Ramos, L., & Capote, R. (2003). *Biotechnology management of species and bamboos in Cuba. XII Woorld Forestry. Québec*, Canada.
- Díaz-Quichimbo, G., Poma-Angamarca, R., Minchala-Patiño, J., González-Zaruma, D., Rojas-Idrogo, C., & Delgado-Paredes, G. (2013). *In vitro* Clonal Propagation and Germplasm Conservation in the tropical Timber Tree Spanish White Cedar (C. Montana Moritz Ex Turcz.) (Meliaceae). *Journal of Biological Sciences*. 7(1).59-69.
- Garmendia, A. (2005). El árbol de la quina (*Cinchona* spp), Distribución, caracterización de su hábitat y arquitectura. Loja, Ecuador: Editorial Universidad Técnica Particular de Loja.
- Jha, S., & Jha, T. (1989). Micropropagation of *Cephaelis ipecacuanha* Rich. *Plant Cell Reports*. 437-9.
- Jordán y Casereto. (2006). Hormonas y Reguladores de crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. *Fisiología Vegetal*. 15:20.
- Jorgensen, P., & León, M. (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard*. 75: 1- 1182.
- Lima, R., Moreno, J., Eras, V., Michala, J., Gonzalez, D., Yaguana, M., & Valarezo, C. (2018). Propagación *in vitro* de *Cinchona officinalis* L., a partir de semillas. *Revista de Invesigaciones Altoandinas*. 20(2). 169-178. DOI:<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.361>
- Loján, L. (1992). El verdor de los Andes: Árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal alto andino. FAO. Proyecto de desarrollo forestal participativo en los Andes. Quito, Ecuador.
- Madsen, J. (2002). Historia cultural de la cascarilla de Loja, 385-399pp. En Z Aguirre M., J.E. Madsen, E. Cotton & H. Balslev (eds), *Botánica austro ecuatoriana: Estudio sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe*. Ediciones Abya Yala, Quito-Ecuador.
- Moya, A. (1994). Augey Crisis de la Cascarilla en la Audiencia de Quito, Siglo XVIII. FLACSO, sede Ecuador. Obtenido de: <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/44227.pdf>
- Murashige, T., & Skoog. (1962). A revised médium gor rapid growth and bioessays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 15: 473- 497. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis68.pdf>

- Pérez, J. (1998). Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. Instituto de Biotecnología de las plantas. Ediciones GEO. Santa Clara, Cuba.
- Pérez-Tornero, O., Egea, J., Vanoostende, A., & Burgos, L. (2000). Assessment of factors affecting adventitious shoot regeneration from *in vitro* cultured leaves of apricot, *Plant Science*, 158: 61-70.
- Roja, G., Benjamin, B., Heble, R., Patankar, A., & Sipahimalani, A. (1990). The effect of plant growth regulators and nutrient conditions on growth and alkaloid production in multiple shoot cultures of *Rauwolfia serpentina*. *Phytotherapy Research* 4(2): 49–52.
- Rout, G., & Das, P. (1997a). In vitro organogenesis in ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *J Herbs Spices Medicinal Plants*. 4(4): 41–51.
- Rout, G., & Das, P. (1997b). Techniques of micropropagation *in vitro*. In: Bose TK, Mitra SK, Sadhu MK, Das P, editors. *Propagation of Tropical and Sub-tropical Horticultural Crops*. Calcutta: Kalyani Publishers. 105–16 pp.
- Sharma, T., & Singh, B. (1997). High frequency *in vitro* multiplication of disease-free *Zingiber officinale* Rosc. *Plant Cell Reports*. 17(1): 68–72.
- Shasany, A., Khanuja, S., Dhawan, S., Yadav, U., Sharma, S., & Kumar S. (1998). High regenerative nature of *Mentha arvensis* internodes. *J Biosci*. 23(5) 641–6.
- Tsay, H., Gau, T., & Chen, C. (1998). Rapid clonal propagation of *Pinellia ternata* by tissue culture. *Plant Cell Reports*. 8 450–4.
- Ulloa, C. (2006). Aromas y sabores andinos. En: M. Moraes R., B. Øllgaard, L.P. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev (Eds.), *Botánica económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Zevallos, P. (1989). Taxonomía, distribución geográfica y estatus del género *Cinchona* en Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú.

Impacto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo *Arachis hypogaea* L. en Orianga, provincia de Loja, Ecuador

Impact of organic fertilization on crop yield *Arachis hypogaea* L. in Orianga, province of Loja, Ecuador

Mora Romney^{1*}
Rodríguez Diego²,
Ramírez Jhinson¹
Calderón Jimmy³
Salinas Tania³
Michay Gloria³
Zaruma Rosario³
Espinoza Patricio³

¹Docentes de la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales, Química y Biología, Universidad Nacional de Loja-Ecuador.

* Autor para correspondencia: romney.mora@unl.edu.ec

RECIBIDO: 14/03/2019

APROBADO: 27/05/2019

RESUMEN

La investigación se realizó en la comuna Santa Lucía cantón Paltas, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de compost; bocashi; humus; gallinaza; testigo agricultor y fosfoestiercol en el rendimiento del cultivo de maní, el suelo es de textura franco arcilloso, pH ácido, bajo en materia orgánica, nitrógeno y fósforo, potasio medio. La siembra fue realizada a un distanciamiento de 40 cm entre surcos y 30 cm entre golpes y 3 semillas por golpe empleándose 4,5 kg de semilla en todo el ensayo. Se utilizó dosis de cuatro fuentes de abono (compost 20 t ha⁻¹; bocashi 20 t ha⁻¹; humus 20 t ha⁻¹; gallinaza 20 t ha⁻¹; testigo agricultor 0,0 t ha⁻¹ y fosfoestiercol (F): 200 kg ha⁻¹, estiércol (E): 5000 kg ha⁻¹. Para la realización de este trabajo se utilizó el diseño estadístico bloques al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, contiene 20 parcelas experimentales de 20 m² cada una. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 0,05 de probabilidad. Durante la investigación se encontraron diferencias significativas por efecto de la fertilización orgánica para: porcentaje de emergencia, días de floración, altura de planta para la tercera floración, altura de cosecha, número de vainas por planta, número de granos por vaina y rendimiento en kg ha⁻¹. El mayor rendimiento alcanzado fue el fosfoestiercol, seguido por la gallinaza y el humus. El mayor rendimiento alcanzado por el fosfoestiercol se atribuye a mejores condiciones de elementos disponibles.

Palabras clave: bokashi, comuna, compost, fosfoestiercol, gallinaza, humus, surco.

ABSTRACT

The experiment was carried out in the commune of Santa Lucia in the parish of Orianga Canton Paltas, with the objective of evaluating the effect of the Compost application; bocashi; humus; chicken Farmer witness and phosphoestiercol in the yield of the peanut crop, the soil experimentally is clay loam texture, acid pH, low content in organic matter, nitrogen and phosphorus available low, medium available potassium content. The sowing was carried out at a distance of 40 cm between rows and 30 cm between blows and 3 seeds per stroke, using 4,5 kg of seed throughout the trial. We used doses of four fertilizer sources (Compost 20 kg ha⁻¹, bocashi 20 kg ha⁻¹, humus 20 kg ha⁻¹, manure 20 kg ha⁻¹, farmer control 0,0 kg ha⁻¹ and phospho manure (F): 200 kg ha⁻¹, manure (E): 5000 kg ha⁻¹. We used the statistical design blocks at random, with five treatments and four repetitions, containing 20 experimental plots of 20 m² each. For the comparison of means, the Tukey test was used at 0.05 probability. Significant differences were found due to the effect of organic fertilization for: emergency percentage, flowering days, plant height for the third flowering, height of harvest, number of pods per plant, number of grains per pod and yield in Kg ha⁻¹. The results obtained, it was established that the highest yield was phosphoestiercol, followed by chicken manure and humus. The higher yield achieved by phosphoestiercol is attributed to better conditions of available elements.

Keywords: bokashi, commune, compost, phosphoestiercol, poultry manure, humus, furrow.

INTRODUCCIÓN

Vásquez (2018) manifiesta que a nivel mundial los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales por su disposición inadecuada. En estas condiciones, es prioritario generar alternativas que contribuyan al manejo adecuado para reducir el impacto ambiental y procurar la sostenibilidad de los recursos naturales. El análisis Sectorial de Residuos Sólidos del Ecuador, que levantó el Ministerio del Ambiente (2002), menciona que en Ecuador se generan 4,06 millones de toneladas métricas de basura al año, y el estimado para el 2017 fue de 5,4 millones (Velasco, 2015). En ese marco de reflexiones es imperativo señalar que la agricultura orgánica es un sistema agrícola que utiliza alternativas sustentables, acorde al ambiente y en remplazo de los fertilizantes, utiliza al máximo los recursos de la finca, conserva la fertilidad del suelo y la actividad biológica (Vásquez, 2018).

Vásquez (2018) indica que el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, señala que al alrededor del 40 % de la población ecuatoriana vive en zonas rurales, Dicho Ministerio en el 2012 inicia un proceso de análisis de la Agenda sectorial, para incorporar y transversalizar estrategias de desarrollo de mejoramiento de la productividad, en la producción menos tóxica que disminuyan los ingentes costos ambientales y la reducción en los costos de producción, para los productores de menores recursos.

Las zonas de producción agrícola en Ecuador se han visto afectadas por la baja producción debido a la disminución de la reserva de nutrientes (Soto y Gordillo, 2009), lo que es confirmado por los autores de la presente investigación y por el análisis de Laboratorio de suelos.

Albán y Ramírez (2011), señalan que en el Ecuador, las provincias con mayor área de cultivo según el III Censo Agropecuario realizado en el 2001, son: Loja (6 225 ha) sembradas y una producción de 1

713 kg ha⁻¹; Manabí con una producción de 3 801 ha y 1 303 kg ha⁻¹; y el Oro 955 ha y una producción 2 633 kg ha⁻¹, por los bajos volúmenes de producción y por ser una actividad de tipo familiar, el país no puede competir con otros exportadores externos.

El cacahuete o maní (*Arachis hypogaea*) es una leguminosa que requiere semilla de buena calidad para superar condiciones adversas como bajas temperaturas, excesiva profundidad de siembra o costra superficial del suelo. La rentabilidad del maní depende del rendimiento y de la calidad del producto cosechado. Los principales factores de manejo del cultivo, determinantes del rendimiento final y de la calidad de los granos cosechados son: la elección del lote, la rotación de cultivos, la fertilidad del suelo, el laboreo del suelo, la elección del cultivar, la implantación del cultivo, la presencia de malezas, insectos, arácnidos, nematodos y enfermedades foliares y del suelo, el riego suplementario, y el arrancado, cosecha, secado y almacenado (Pedelini, 2012).

El INIAP (2018), afirma que el cultivo prefiere precipitaciones entre 400 a 600 mm durante el ciclo del cultivo, la temperatura para un buen desarrollo oscila entre 25 y 30°C, se desarrolla bien en suelos pH: 6,0 a 7,0, en suelos franco arenosos o franco limosos. La frecuencia de riego depende de las características del suelo y clima. En la provincia de Loja, los principales cantones con mayor superficie de siembra son: Paltas 1 254 ha, Chaguarpamba 942 ha, Gonzanamaá 437 ha, Macará 434 ha y Célica con 252 ha de maní.

Los agricultores dedicados al cultivo de maní de la parroquia Orianga (Cantón Platas) no han recibido ninguna transferencia de tecnología que contribuya a mejorar la producción por unidad de superficie. A pesar de esta limitante, este cultivo sigue generando ingresos económicos a las familias de la parroquia

La recomendación que hace el INIAP (1999) para el manejo agronómico de la planta es unas condiciones de precipitación de 400 a 600 mm durante el ciclo del cultivo, una temperatura entre 25 y 30°C y suelos con pH de 6,0 a 7,0 franco arenosos o franco limosos. En esta zona, los suelos son pobres en los principales nutrientes: N (7,6 ppm), P₂O₅ (7,4 ppm) y K₂O (124 ppm) (Rodríguez, datos no publicados). Esta escasa reserva de nutrientes y la presencia de suelos superficiales que no tienen vocación para la siembra del maní (ya que sus frutos crecen bajo el suelo) hace de este cultivo poco rentable. Por lo tanto, una de las alternativas de solución a este problema es la búsqueda de un mejor manejo de suelo y nutrición.

El maní es un cultivo que obtiene nitrógeno del proceso de fijación simbiótica el mismo que se produce por medio de bacterias del género, *Rhizobium* que viven en simbiosis con ciertas plantas leguminosas huéspedes en cultivos de alfalfa, trébol y maní (Padilla, 2010), que permite la asimilación de otros nutrientes como fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y elementos menores, pero para su incorporación requiere que dichos nutrientes se encuentren en el suelo en abundante cantidad. La incorporación de abonos orgánicos puede mejorar la parte química y física del suelo, modificando las concentraciones de iones del suelo de forma natural aportando a la nutrición de la planta (Olivera, 2002).

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de compost, bokashi, humus, fosfoestiercol y gallinaza en el rendimiento del cultivo de maní, para lo cual, de septiembre 2009 a junio 2010 se instaló el experimento en un suelo pobre en nutrientes. Esta tecnología aplicada servirá de apoyo básico a los agricultores del sector para la implementación de abonos orgánicos en sus parcelas y así contribuir al desarrollo de la agricultura orgánica del cantón y de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La zona de estudio corresponde a la comuna Santa Lucía de la parroquia Orianga, cantón Paltas, está entre las coordenadas geográficas: 2 94023 y 9 568 884 O; en el rango de 1 130 m s.n.m.

El clima es de tipo Ecuatorial Mesodérmico Semi-húmedo. Temperatura media anual de 20°C, diferenciando una fluctuación de 20 a 22°C hacia la parte baja y media de la parroquia, y de 18 a 20°C desde la parte media en el sentido latitudinal hacia la parte alta de la parroquia. Precipitación media anual de 1500 a 1750 mm para la parte baja (cuenca del río Puyango), de 1 750 a 2 000 mm para la parte media y de 2 000 a 2 500 mm para la zona de la cuenca de la quebrada Tunima. En estas áreas la precipitación fluctúa en 1000 mm anuales, con un período de lluvias que va de enero a junio. En la parroquia Orianga existen 922,64 ha de bosque húmedo montano bajo, que representa el 5,03 % del territorio, el cual se halla entre 1800 y 2000 m s.n.m. En general esta zona es productiva, sin embargo se ha destruido los bosques protectores y las cuencas presentan muchos problemas en la época seca (GAD Parroquial Orianga, 2015). El sitio experimental está ubicado en la comuna Santa Lucía, entre las coordenadas geográficas: 294 023 S y 9 568 884 O y, en una de altitud de 1 300 m s.n. m. Los suelos del cantón Paltas se clasifican principalmente en Inceptisoles caracterizados por tener un desarrollo incipiente; son los más abundantes (34,69 % de la superficie del cantón), seguido de los Ultisoles caracterizados por ser suelos más desarrollados y con baja saturación de bases (32,15 %). Son suelos poco productivos, pobres en materia orgánica y en general responden a abonos nitrogenados (GAD Paltas, 2014).

Trazado de parcelas

De acuerdo al diseño experimental (bloques al azar), las parcelas fueron trazadas y replanteadas a cinta en el terreno; cada una de ellas con un área de 20 m² y distancias de separación de 0,50 m entre parcelas o unidades experimentales 1,0 m entre bloques o réplicas.

Diseño experimental

Para probar la efectividad de los tratamientos de abonos orgánicos en el cultivo de maní, se empleó el diseño estadístico bloques al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando para el ensayo las siguientes fuentes de abono cada una con su dosificación (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos de fuentes de abonos orgánicos en el cultivo de Maní. Paltas-Orianga.

Código	Tratamiento	Dosis t ha ⁻¹	Dosis/parcela kg	Dosis/hoyo kg
To	Testigo	0,0	0,0	0,00
T1	Compost	20,0	40,0	0,25
T2	Bokashi	20,0	40,0	0,25
T3	Humus	20,0	40,0	0,25
T4	Fosfoestiercol	F=200 kg +e=5 000 kg	0,4 kg F + 10 kg e	0,65
T5	Gallinaza	20,0	40,0	0,25

F = Fosfo; e = estiércol

Variables a evaluarse

Para evaluar el rendimiento del cultivo de maní se analizaron seis variables: días de floración, altura de planta, incidencia de plagas y enfermedades, número de vainas por plantas en la cosecha, número de granos por vaina y el rendimiento del cultivo. Los días de floración se evaluaron como el total de días, desde la siembra, se necesitó que el 50 % de plantas presentaran las primeras inflorescencias. La altura de la planta se midió desde la base de la planta hasta el ápice final, las mediciones se realizaron en 10 plantas por cada unidad experimental, en la tercera floración y a la cosecha.

La incidencia de plagas y enfermedades se evaluó desde la primera etapa vegetativa con monitoreos cada siete días, se utilizó la fórmula matemática: % de incidencia = Número de plantas afectadas/Número total de plantas x 100. El número de vainas por plantas en la cosecha se midió contando el número de vainas de 10 plantas muestreadas al azar por cada tratamiento (seis tratamientos), y en esas mismas vainas se registró el número de granos por vaina por planta y por tratamiento. El rendimiento se midió en kg parcela⁻¹ y kg ha⁻¹, para lo cual se pesaron todas las vainas de la parcela útil de cada tratamiento en kg parcela⁻¹.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó un ADEVA de todas las variables por separado, y en caso de encontrar diferencias significativas se analizaron las diferencias específicas entre tratamientos por el Test de Tukey ($p \leq 0,05$ %) con el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Elaboración de los abonos orgánicos

La elaboración del compost se inició con la recolecta de todos los materiales, el mismo que se trabajó bajo sombra con la finalidad de elevar la temperatura y destruir patógenos. En la captura de microorganismos eficaces (EM-artesanal), se recolectó hojarasca en estado de descomposición de la montaña protegida de la finca, se vertió dos sacos de hojarasca sobre el piso, luego se clasificó manualmente algunos materiales no deseables para la descomposición. Ocho días antes se fermentó la melaza en agua al igual que la levadura de pan; luego se cocinó por separado una libra de pescado y una libra de arroz sin sal, posteriormente se mezcló, luego se depositaron en tarrina plástica para ser colocadas en una área con hojarascas.

La elaboración de compost tipo “Método Indore” se realizó bajo sombra, en un área de 7,5 m². La elaboración se realizó según (Guamán, 2004): se colocó una capa de 20 cm de material seco (taralla de maíz, bagazo de caña, cáscara de maní, hoja seca de caña, pasto chilena y porotillo) e inmediatamente se aplicó agua hasta capacidad de campo; posteriormente se agregó una mezcla de tierra orgánica, estiércol de ganado bovino y ceniza de fogón en una relación de 3:2:1, con un espesor de 5 a 10 cm.

La captura de microorganismos, ocho días antes se fermentó la mezcla en agua al igual que la levadura de pan; luego se cocinó por separado una libra de pescado y una libra de arroz sin adicionar sal, posteriormente se mezcló estos dos ingredientes y se colocó en tarrinas plásticas cubiertas con media de nylon cerca de una acequia (Suquilanda, 1996).

Para la elaboración del abono orgánico bokashi se recolectó el material seco de la finca (tarallas

de maíz, bagazo de caña), estiércol fresco de bovino, tierra agrícola y carbón de tamaño 0,5 cm, y se procedió a pesar 56 kg de cada uno respectivamente. Seguidamente se mezcló dos litros de fermento de melaza, dos litros de fermento de levadura de pan más una porción de microorganismos capturados y se trasvasó en una regadera; luego se vertió dos sacos de hojarasca sobre el piso y se clasificó manualmente algunos materiales no deseables para la descomposición.

Para la producción del humus se recolectó material vegetal y se le incorporó desperdicios de cocina, estiércol de aves criollas y cobayos; este proceso de descomposición duró 30 días. La construcción de lechos se realizó con tabla y guadua con una dimensión de 1,20 m de ancho por 10 m de largo (12 m²), en el interior del lecho se colocó el semicompost y la lombriz (*Eisenia foetida*) en una proporción de 1 kg por metro lineal, luego se cubrió con pajas; posteriormente se agregó alimento (desperdicios) y se regó cada 15 días; la descomposición total del lecho fue a los seis meses. En la preparación del fosfoestiércol se recolectó estiércol de ganado vacuno, el cual fue almacenado bajo sombra por el lapso de 90 días.

Previo a la siembra se dosificó 5 000 kg ha⁻¹ de estiércol más 200 kg ha⁻¹ de roca fosfórica, es decir se mezcló 1 quintal (45,45 kg) de estiércol con 1,8 kg de roca fosfórica. La preparación de la gallinaza se realizó sobre una superficie sombreada de 2 m x 6 m x 0,6 m (7,2 m³). En ella se extendieron 45 sacos de gallinaza por el lapso de 180 días, terminado este proceso fue incorporada al suelo (20 cm de espesor) en las respectivas parcelas experimentales.

Siembra del maní y establecimiento de los tratamientos

El INIAP-Portoviejo recomienda la variedad INIAP-381 Rosita, variedad precoz, de ciclo vegetativo de 90 a 95 días, por lo que se utilizó dicha variedad para el presente estudio. El germoplasma fue obtenido de la finca del señor Antonio Córdova líder de la comunidad Santa Lucía y, desinfectado con solución de vitavax; la aplicación de los abonos orgánicos fue localizada al momento de la siembra.

La siembra se realizó en forma manual a una distancia de 40 cm entre surcos y 30 cm entre plantas; se colocó tres semillas por golpe empleándose 4,5 kg de semilla en todo el ensayo. El riego fue omitido por sembrarse en época lluviosa (15 de enero 2009). El control de malezas se realizó mecánicamente (lampa) con dos deshierbas en todo el ciclo (95 días).

Para el control fitosanitario de plagas y enfermedades se realizó monitoreo cada siete días durante el crecimiento y desarrollo, precisando el ataque de plagas como el gusano cogollero *Stegasta bosquella* y el ratón de monte *Apodemus sylvaticus* a las 12 y 14 semanas después de la siembra respectivamente. En cuanto a enfermedades se detectó cercosporiosis (*Cercospora* sp.), aproximadamente a las ocho semanas luego de la siembra.

Para contrarrestar la incidencia de plagas se utilizaron insecticidas a base de plantas con propiedades toxicológicas como ají e higuierilla se aplicaron cada siete días. Para controlar la enfermedad se utilizó un litro de insecticida de ají más 5 ml de jabón de coco por bomba de 20 litros, con una frecuencia de siete días.

RESULTADOS

Días de floración

Para todos los tratamientos empleados en el experimento muestran significancia estadística al nivel de ($p < 0,05$) a los 50 días después de la plantación. El CV es de 4,63.

Tabla 2. Prueba de Tukey para días de floración en el cultivo de maní. Paltas-Orianga.

Tratamiento	Promedio	Rango
T1 Compost	35,1	A
T2 Bokashi	36,5	A
T4 fosfest	36,5	A
T5 Gallinaza	37,3	A
T3 Humus	39,3	AB
T10 Testigo	42,3	B

Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Esta prueba detalla que los tratamientos T1, T2, T4 y T5 se agrupan dentro del rango A constituyéndose como los mejores.

Tabla 3. Valores promedio de porcentaje de emergencia, días de floración, altura de planta a la tercera floración, altura a la cosecha, a los 120 días después de la siembra. Paltas-Orianga.

Tratamiento	Porcentaje de emergencia	Días de Floración	Altura de planta a la tercera floración (cm)	Altura a la cosecha (cm)
T1 Compost	99,1	35,1	35,9	53
T2 Bokashi	98,5	36,5	33,9	48,4
T5 Gallinaza	97,9	36,5	33,5	46
T3 Humus	97,9	37,3	33	45,9
T4 Fosfoestiercol	90,3	39,3	32,3	42,8
T10 Testigo	85,1	42,3	29,4	37,4

Cuando las plantas presentaron la primera inflorescencia (50 %) el valor promedio desde la siembra del experimento hasta los 40 a 50 DDS, el rendimiento de floración del cultivo de maní, fue del 42,3 % para el tratamiento T10 (Testigo) (Tabla 3).

Altura de planta a la tercera floración

Por efecto de las dosis de los tratamientos Compost, fosfoestiercol y humus, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p=0,05$) a los 50 DDS, donde los tratamiento de 35,90; 33,90 y 33,50 kg (tabla 3), respectivamente fueron superiores; en tanto que para los restantes tratamientos, no mostraron diferencias estadísticas (Tabla 4). El CV es de 4,90.

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey tal como lo indica la Tabla 4, los tratamientos que influyeron en la mayor altura a la tercera floración fueron los tratamientos T1, T4 y T3.

Tabla 4. Prueba de Tukey para Altura de planta a la tercera floración. Sta. Lucía-Orianga.

Tratamiento	Promedio	Rango
T1 Compost	35,9	A
T4 Fosfoest	33,9	A
T3 Humus	33,0	A
T2 Bokashi	33,0	AB
T5 Gallinaza	32,3	AB
T10 Testigo	29,4	B

Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Los valores promedio de la altura de planta a los 95 días desde la siembra, se encuentran en el rango de 29,0 a 36,0 cm, para los tratamientos T10 (testigo) y T1 (compost), respectivamente (Figura 1).

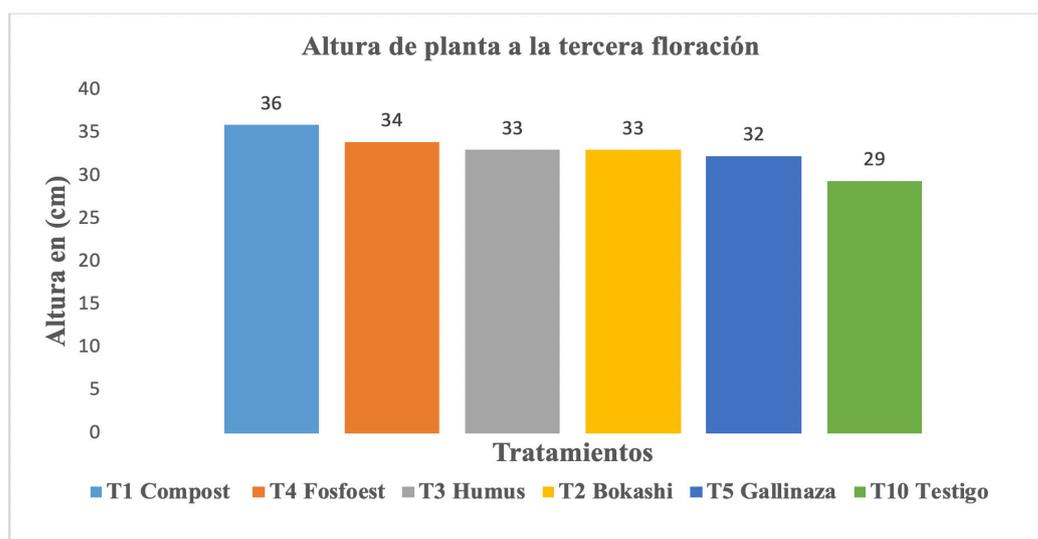


Figura 1. Altura a la tercera floración en el cultivo de maní en la comunidad Santa Lucía- Orianga, Paltas.

Altura a la cosecha

Entre tratamientos presentaron diferencia estadística significativa ($p=0,05$) a los 95 DDS. El coeficiente de variación fue 11,2.

En la Tabla 5 se muestran las alturas promedio a la cosecha, donde se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p=0,05$) entre tratamientos, por efecto de aplicación de las dosis de abonos Compost, fosfoéstercol y humus. El coeficiente de variación fue 11,2.

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 5), los tratamientos que influyeron en la mayor altura a la tercera floración fueron los tratamientos T1, T4 y T3.

Tabla 5. Prueba de Tukey para altura de planta a la tercera floración, Santa Lucía-Orianga

Tratamiento	Promedio	Rango
T1 Compost	53,0	A
T4 Fosfoest	48,4	AB
T3 Humus	46,0	AB
T5 Gallinaza	45,9	AB
T2 Bokashi	42,8	AB
T10 Testigo	37,4	B

Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Con la dosis 40 kg/parcela (Figura 2) de Compost que corresponde al Tratamiento (T1), se logró la mayor altura 53 cm, a la cosecha a los 95 DDS, puesto que con las otras dosis kg/parcela, su altura fue menor.

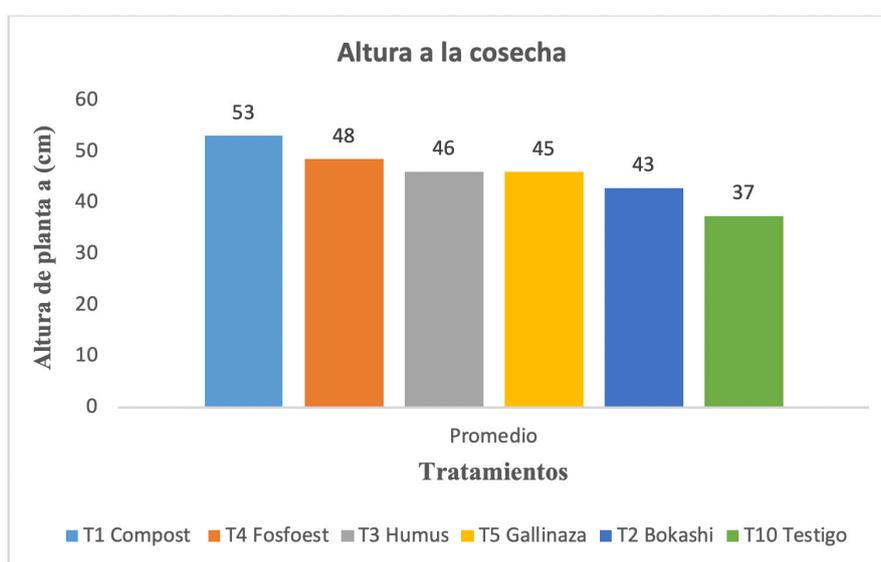


Figura 2. Altura a la cosecha en el cultivo de maní en la comunidad Santa Lucía-Orianga, Paltas

Plagas y enfermedades

Se realizó desde la primera fase vegetativa del cultivo, monitoreo constante de incidencia y severidad de plagas y enfermedades que rebasan el umbral económico.

En la Tabla 6, se indica el nombre de las plagas y enfermedades más representativas que rebasaron el umbral económico en el cultivo de maní; así mismo se detalla el tratamiento empleado y la respectiva dosificación para contrarrestar su mecanismo de acción.

Tabla 6. Descripción del control de plagas y enfermedades en el cultivo de maní, Orianga-Paltas.

Plaga/ Enfermedad	Nombre científico	Tratamiento	Dosis
Gusano cogollero	<i>Stegasta bosquella</i>	Extracto de ají	1 l/bomba*
Ratón de monte	<i>Apodemus sylvaticus</i>	Trampas mecánicas	3/parcelas
Cercosporiosis	<i>Cercospora</i> sp.	Extracto de higuierilla	1 l/bomba*

*Bomba de 20 litros

Se evidenció el ataque de gusano cogollero con un umbral de incidencia de 26,6 % y el ratón de monte con un índice de daño de 37,7 %.

Entre las enfermedades que rebasaron el umbral económico se destacó la presencia de cercosporiosis *Cercospora* sp, con un porcentaje de incidencia de 13,4 %.

Número de vainas por planta

El análisis de variancia mostró diferencias estadísticas significativas ($p=0,05$) entre los tratamientos, a los 95 DDS, por efecto de las dosis de abonos (Tabla 7). Se incluyen los valores de cuadrados medios, como una expresión de la varianza de los efectos de los tratamientos aplicados; y, los valores del nivel de probabilidad estadística.

Tabla 7. Análisis de varianza para la variable número de granos por vaina en el cultivo de maní Santa Lucía Orianga, Paltas.

Fuentes de variación	CM	Probabilidad (P)
Replicas	0,05	0,0008
Tratamientos	0,12	2,00E-08
Error experimental	0,01	

La prueba de comparación de medias de Tukey representada en la Tabla 8, determina cinco rangos de significancia estadística, siendo el T4 el mayor con un promedio de 3,58 semillas por vaina.

Tabla 8. Prueba de Tukey para el número de granos por vaina, Santa Lucía-Orianga

Tratamiento	Promedio	Rango
T4 Fosfoestiercol	3,58	A
T5 Gallinasa	3,40	B
T1 Compost	3,28	BC
T2 Bokashi	3,20	CD
T3 Humus	3,20	CD
T10 Testigo	3,10	D

Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Rendimiento en kg ha⁻¹

En la Tabla 9 se presenta los resultados de la variable de rendimiento del maní, según el análisis de varianza existe diferencia estadística significativa al nivel del ($p < 0,05$), entre los tratamientos, el CV representa el 7,83. Se incluyen los valores de cuadrados medios, como una expresión de la varianza de los efectos de los tratamientos aplicados; y, los valores del nivel de probabilidad estadística.

Tabla 9. Análisis de varianza para la variable rendimiento de maní pilado (kg ha⁻¹), Orianga-Paltas.

Fuentes de variación	CM	Probabilidad (P)
Replicas	14495,83	0,3865
Tratamientos	27,95*	5E-09
Error experimental	0,01	

Prueba de Tukey para el rendimiento de maní pilado, Santa Lucía-Orianga, 2010. Indica que el tratamiento con fosfoéstercol presenta el mejor nivel de rendimiento de maní en kg.ha⁻¹, con un promedio de 1 713,8. En la Tabla 10 se detalla los promedios obtenidos del rendimiento del cultivo.

Tabla 10. Prueba de Tukey para el rendimiento de maní pilado, Paltas-Orianga.

Tratamiento	Promedio	Rango
T4 Fosfoéstercol	1713,8	A
T5 Gallinaza	1648,8	A
T3 Humus	1626,3	A
T1 Compost	1571,3	AB
T2 Bokashi	1351,3	B
T10 Testigo	991,3	C

DISCUSIÓN

El mayor porcentaje de emergencia como respuesta al efecto de los abonos sólidos corresponden al T1 a base de compost (99,1 %); T2 (bokashi) y T5 (gallinaza) agrupados en igual rango conforme se aprecia en el tabla 3. Esto se debe a que los abonos al momento de ser mezclados en sus respectivas parcelas, el suelo se encontraba a capacidad de campo, por lo que permitió que la semilla tenga aireación y tome la cantidad necesaria de agua para una buena germinación, sin tener que sufrir un exceso ni déficit hídrico. La media general del ensayo en este descriptor agronómico fue mejor a los reportados por (Martínez y Pinzón, 2007), quienes alcanzaron en Bramaderos cantón Paltas, un promedio general de germinación de 85,52 %.

La floración se generaliza a partir de los 40 a 50 DDS, luego este proceso se mantiene con regularidad; en el presente ensayo la aplicación de los fertilizantes orgánicos influyó en la precocidad a los días a la floración. El tratamiento que aceleró el proceso de floración fue el T1 (compost) con un promedio

superior frente al testigo tal como se indica en el Tabla 2. Esto se debe a que el compost acelera los procesos de germinación y floración conjuntamente con la humedad contenida en el suelo.

La altura a la tercera floración y a la cosecha, se determina que el tratamiento T1 alcanzó el máximo tratamiento en los dos descriptores agronómicos, contrastando con el T0 (testigo) que obtuvo un valor inferior tal como se detalla en la tabla 3. Según el pH del suelo el ensayo presenta un rango medianamente ácido, mientras que el T1 (compost) es ligeramente alcalino, sin embargo la disponibilidad del nitrógeno en este abono frente a un medio alcalino es rápidamente asimilable por las plantas; lo que indica que su incorporación en el suelo incrementa la división celular con un rápido desarrollo de los meristemos maximizando el potencial de crecimiento.

Por parte del abono orgánico en cuestión sirve como medio de almacenamiento de agua y nutrientes necesarios al crecimiento de las plantas como es el caso de los nitratos, fosfatos, sulfatos, etc., según afirma, así mismo las plantas superiores no pueden vivir a base de la mezcla pura mineral porque les falta la MO (humus), necesario como fuente de energía para los microorganismos.

Las plagas detectadas en el cultivo fue el gusano cogollero *Stegasta bosquella* Ch.; según INIAP (1999), esta plaga se la puede controlar mediante la rotación de cultivos y la eliminación de malezas, en la presente investigación se opta por una fitoterapia orgánica tal como se indica en el tabla 3. Otra plaga fue el ratón de monte *Apodemus sylvaticus* L.

Entre las enfermedades que rebasaron el umbral económico se destaca la presencia de cercosporiosis *Cercospora* sp., según Martínez y Pinzón (2007) y corroborado por INIAP (1999), asegura haber utilizado para el control de esta enfermedad aspersiones de fungicidas orgánicos a base de plantas toxicológicas como jacapa, piñón e higuerrilla, contrastando con esta investigación donde se utilizó macerados a base de ají en el control de la cercosporiosis.

El mejor promedio de número de vainas por plantas corresponde al T1 con un valor superior frente al T0, según indica la tabla 5, esta afirmación se fundamenta porque el suelo previo al ensayo, presenta valores bajos de materia orgánica, N y P₂O₅; siendo el pH prácticamente ácido; sin embargo, con la aplicación de compost se elevó la disponibilidad de nutrientes disponibles especialmente el fósforo responsable de la formación de granos y vainas.

En cuanto al número de granos por vaina el que registro el mayor promedio corresponde al T4 en comparación con el T0. Fisiológicamente el fósforo favorece a la formación de la semilla y el potasio participa en la calidad de la semilla. La mayor disponibilidad de fósforo y potasio presentó el fosfoestiercol a diferencia del compost que registro el mayor número de vainas por planta y menor número de granos por vaina, a esto se le puede atribuir la no asimilación del fósforo contenido en el compost por parte de la planta.

El tratamiento T4 alcanzo el mayor nivel de rendimiento frente al T0; este valor expresa que la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio corresponde a un rango medio, alto, medio respectivamente, ha sido bien aprovechado por las plantas especialmente en la formación de vainas y granos tanto en calidad como en peso; de esta manera se explica el incremento de rendimiento de cultivo fertilizado frente al T0 del agricultor. Esto confirma Padilla (2004). Una adecuada nutrición de las plantas es esencial para obtener la mejor rentabilidad, el manejo de la nutrición y la fertilidad del suelo es un importante factor del manejo rentable del cultivo.

Los resultados logrados en esta investigación corresponde al tratamiento a base de fosfoestiercol que supero al reportado por Martínez y Pinzón en Bramaderos, quienes utilizaron la misma variedad de maní INIAP-381 Rosita.

■ CONCLUSIONES

La incorporación de los abonos orgánicos al suelo, especialmente el T1, T4 y T5; tienen efecto favorable en los descriptores agronómicos evaluados como son: número de vainas por planta, número de granos por vaina, y rendimiento en kg ha⁻¹.

La aplicación de los abonos orgánicos en el mayor rendimiento alcanzado fue el fosfoestiercol con una producción de 1 713,7 kg ha⁻¹ seguido de la gallinaza con un valor de 1 688,8 kg ha⁻¹ y el humus con un valor de 1 626,3 kg ha⁻¹; los demás tratamientos a base de compost el rendimiento es de 1 571,3 kg ha⁻¹; el Bokashi con 1 351,3 kg ha⁻¹; finalmente el testigo alcanzo una producción inferior a todos de 991,3 kg ha⁻¹. Esto se debe a la aplicación de los abonos sólidos.

Contribución de los autores

M.M.E.: Responsable del proceso de investigación, análisis de información y elaboración del manuscrito.
D.A.R. y JOR.: Apoyo en el proceso de investigación, J.V.C.: Aporte en la elaboración del manuscrito,
T.M.S.: Revisión del manuscrito, G.C.M.: Asesoramiento en la parte estadística, P.E.: Análisis de la discusión de los resultados.: R.Z.: Asesoramiento en la discusión de resultados.

■ BIBLIOGRAFIA

- Alban, R y Ramírez, J. (2011). Evaluación del rendimiento del cultivo de maní *Arachis hypogaea* L. a la aplicación de abonos orgánicos en Paltas-Orianga.
- InfoStat (2008). InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/283491340_Infostat_manual_del_usuario
- GAD Parroquial de Orianga. (2015). Datos Geográficos. Recuperado de: <http://orianga.gob.ec/index.php/ct-menu-item-13/ct-menu-item-29>
- GAD Parroquial de Paltas. (2014). Plan de Desarrollo y ordenamiento Territorial. Recuperado de: <https://bit.ly/2Wt1Bjg>
- Guamán, F. (2004). Texto Guía de elaboración de Abonos Orgánicos. Edit. Universitaria s/ed. Loja, Ecuador.
- Martínez, H. y Pinzón, I. (2007). Respuesta del cultivar de maní a la aplicación de cinco clases de abonos orgánicos con sus respectivas combinaciones en la zona de bramaderos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

- Pedelini, R. (2012). ResearchGate. Maní, guía práctica para su cultivo, volumen (2). [13-15]. Recuperado de: <https://bit.ly/2WBfdxJ>
- Soto, D. y Gordillo, H. (2009). Evaluación de cuatro abonos orgánicos en combinación con superfosfato triple en el cultivo de ajo. Tesis de grado. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Suquilanda, M. (1996). Agricultura orgánica, alternativas ecológicas para el futuro. Cayambe-Ec. FUNDAGRO. Ed. ABYA-AYALA.
- Vázquez, R. (2018). Bosques Latitud Cero. *Evaluación química de bokashi con aplicación de microorganismos eficientes en el cantón Saraguro*, Volumen. (8) (1). [86-87]. Recuperado de: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/415/351>
- Velasco, B. (2015, junio 15). Una planta que genera energía eléctrica con basura toma forma en la Costa del Ecuador. *El Comercio*. Recuperado de: <https://www.elcomercio.com/actualidad/planta-genera-energia-electrica-basura.html>

Productos forestales no maderables (PFNM) de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola, Loja, Ecuador

Non-timber forest products (NTFPs) from the Yacuri National Park buffer zone, Espíndola, Loja, Ecuador

Carrión Juan Carlos.^{1*}
Hurtado Stefanía ²
Ulloa Lizbeth ²
Herrera Clemencia ³

¹Técnico Docente de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador

²Ingenieras Forestales, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

³Técnica del Ministerio del Ambiente del Ecuador, Loja, Ecuador.

*Autor para correspondencia: juan.carrion@unl.edu.ec

RECIBIDO: 31/03/2019

APROBADO: 27/05/2019

RESUMEN

Se investigó los productos forestales no maderables (PFNM) en tres comunidades campesinas de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri; con el propósito de conocer los productos forestales no maderables de origen vegetal, usos tradicionales y actuales; y, comprobar la existencia de las especies citadas como PFNM en la zona de amortiguamiento del PNY. Se aplicó una encuesta a los pobladores de las tres comunidades usando un formulario elaborado con 11 preguntas, que sirvió para recoger información sobre el conocimiento y usos de plantas. Y para comprobar la existencia de especies se muestrearon en transectos de 20 x 50 y 10 x 5 m. Se reportan 209 especies dentro de 167 géneros y 126 familias, agrupadas en 14 categorías de PFNM. Las especies con mayor valor de uso son: *Eucalyptus citriodora*, *Jacaranda mimosifolia*, *Chionanthus pubescens* y *Matricaria recutita*. Las especies con mayor frecuencia de uso son: *Eucalyptus citriodora*, *Oreocallis grandiflora*, *Valeriana microphylla* y *Cinchona officinalis*. Las categorías con mayor cantidad de especies citadas son: medicina humana con 32, materiales de construcción 22, alimentos y bebidas 19 y forraje con 14. Las especies que presentan mayor Nivel de Uso Significativo son: *Eucalyptus citriodora*, *Cinchona officinalis*, *Oreocallis grandiflora*, *Valeriana microphylla*, *Hypochaeris sessiliflora* y *Piper aduncum*. Las especies usadas por la población local no son abundantes en la estructura de la vegetación de la zona de amortiguamiento del PNY; la población local conoce de los usos, pero no usa con frecuencia. Las especies que se usan como PFN no se lograron encontrar en los muestreos.

Palabras clave: Valor de uso, frecuencia de uso, nivel de uso significativo, categorías de productos forestales no maderables.

ABSTRACT

Non-timber forest products (NWFP) were investigated in three rural communities in the Yacuri National Park buffer zone; with the purpose of knowing the non-timber forest products of vegetable origin, traditional and current uses; and, verify the existence of the species cited as NWFP in the buffer zone of the PNY. A survey was applied to the inhabitants of the three communities using a form with 11 questions, which was used to collect information on the knowledge and uses of plants. And to verify the existence of species, they were sampled in transects of 20 x 50 and 10 x 5 m. 209 species are reported within 167 genera and 126 families, grouped into 14 NTFP categories. The species with the highest use value are: *Eucalyptus citriodora*, *Jacaranda mimosifolia*, *Chionanthus pubescens* and *Matricaria recutita*. The species most frequently used are: *Eucalyptus citriodora*, *Oreocallis grandiflora*, *Valeriana microphylla* and *Cinchona officinalis*. The categories with the highest number of species cited are: human medicine with 32, building materials 22, food and beverages 19 and forage with 14. The species with the highest Significant Use Level are: *Eucalyptus citriodora*, *Cinchona officinalis*, *Oreocallis grandiflora*, *Valeriana microphylla*, *Hypochaeris sessiliflora* and *Piper aduncum*. The species used by the local population are not abundant in the vegetation structure of the PNY buffer zone; the local population knows about the uses, but does not use it frequently. The species that are used as NFP could not be found in the samplings.

Keywords: Value of use, frequency of use, level of significant use, categories of non-timber forest products, etnobotánica de Amaluza.

INTRODUCCIÓN

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, 2008) y su estudio es de vital importancia para el nuevo enfoque de manejo forestal sostenible.

Los bosques en términos de diversidad ecosistémica, riqueza biológica y oferta de bienes y servicios ambientales, constituyen un aporte esencial para la subsistencia de la población que allí habitan, tanto en aspectos de recolección, consumo de productos vegetales naturales (Carpentier *et al.*, 2000; Dovie, 2003; Ticktin, 2005). El principal producto forestal no maderable (PFNM) del Ecuador, es su biodiversidad y su mayoría no figuran en las estadísticas forestales del país (Añazco, 2006).

En Ecuador la población rural aprovecha tradicionalmente los productos forestales no maderables, especialmente en la región andina y amazónica, éstos han sido documentados por varios investigadores. Pero en las zonas de amortiguamiento de áreas protegidas se ha investigado poco el uso de la flora, así en las provincias de Guayas y Manabí los principales estudios han sido realizados en dos zonas protegidas cerca de Guayaquil, Cerón (1993) y Hernández y Josse (1997) en el Parque Nacional Machalilla en Manabí y Valverde (1998) presenta una descripción de las plantas usadas por la población en el litoral del Ecuador.

En esta zona de la provincia de Loja, las investigaciones sobre productos forestales no maderables son escasas, Aguirre *et al.*, (2001), Sánchez *et al.*, (2006) y Aguirre *et al.*, (2012) han realizado algunos aportes etnobotánicos, pero aún son insuficientes.

Para mejorar el conocimiento de estos bosques y disponer de información que permita tomar decisiones de manejo, se estudió los productos forestales no maderables en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuri, Espíndola, mediante encuestas estructuradas en un cuestionario, realizadas a personas de comunidades rurales, ubicadas en los alrededores de remanentes boscosos. Se reporta el número de especies citadas por los campesinos, la descripción de los usos, las partes de la planta usadas, el valor de uso, la frecuencia de uso, la frecuencia de especies por categorías de uso, el nivel de uso significativo (TRAMIL) y la existencia de las especies en el bosque.

Los objetos que se cumplieron con la investigación fueron: identificar las principales especies vegetales que proveen productos forestales no maderables y sus usos actuales en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuri del cantón Espíndola, considerando las 14 categorías definidas; comprobar la existencia de las especies citadas como productos forestales no maderables en la estructura del bosque de amortiguamiento del PNY del cantón Espíndola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

La investigación se realizó en las parroquias Amaluza, Jimbura y Santa Teresita ubicadas en la zona de influencia del PNY, cantón Espíndola, provincia de Loja (Figura 1). Los límites de la zona de trabajo son: al norte parroquias de Quinara y Yangana, al sur: República del Perú y parte del PNY, al este: PNY y al oeste: parroquia Bellavista y República del Perú.

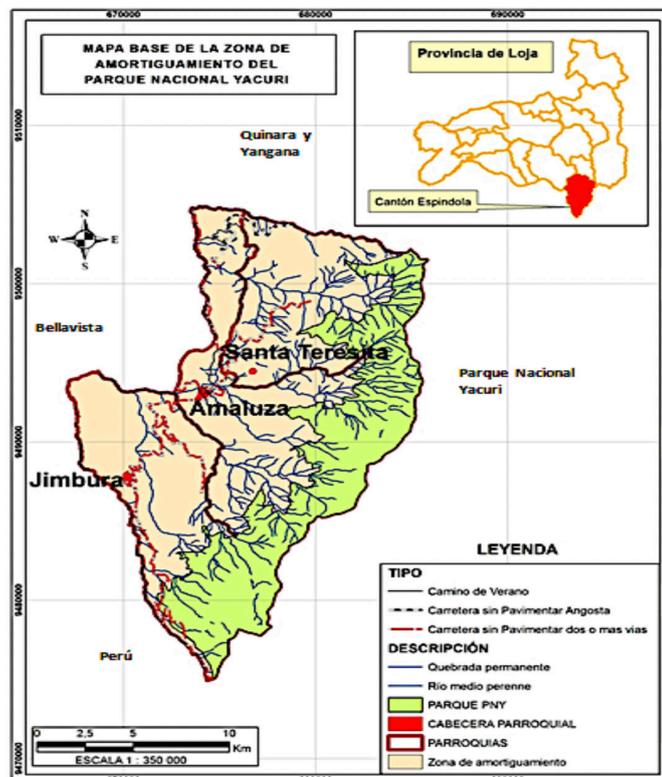


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

Conocimiento de los Productos Forestales No Maderables.

Se trabajó en 3 comunidades rurales del cantón Espíndola, provincia de Loja, Ecuador. Se utilizó el método empírico de encuestas semiestructuradas (Giraldo, 2008; Jiménez *et al.*, 2010). El número de personas encuestadas en cada una de las comunidades fue calculado usando la fórmula planteada por Torres *et al.*, (sap).

$$n = \frac{NZ^2 pq}{(N-1)e^2 + Z^2 pq}$$

Dónde:

n: tamaño de la muestra

q: probabilidad de rechazo (0,5)

N: tamaño del universo (total población).

e: margen de error (10 %).

Z: nivel de confianza, considerando el 95 %.

p: probabilidad de aceptación (0,5)

Las encuestas se realizaron en forma aleatoria a 189 personas (95 mujeres y 94 hombres), siendo: 66 personas en Amaluza, 64 en Santa Teresita y 59 en Jimbura en edades comprendidas entre 15 y > 60 años.

Parámetros de la etnobotánica calculados

Los datos fueron ingresados y procesados en el programa *SPSS 18*. Se calcularon los parámetros: valor de uso de las especies, para lo cual se empleó el enfoque de sumatoria de usos (Boom 1989, 1990; Phillips, 1996). En esta metodología, el número de usos es sumado dentro de cada categoría de uso, así: el valor de uso de una especie es el total de usos diferentes (en las categorías de usos) reportados en todas las colectas realizadas de esa especie (Marín *et al.*, 2005). Para determinar la importancia de las especies se calculó el porcentaje de uso de cada especie, usando la fórmula:

$$\% \text{ de uso de una especie} = (fn/N) \times 100$$

Dónde:

fn: Frecuencia absoluta de la especie

N: Número total de citas por parte de los encuestados

Para obtener la frecuencia de uso por categoría se utilizó el modelo: número de citas de una especie en cada categoría, dividido para el sumatorio total de citas por categoría multiplicado por 100.

Como indicador del grado de consenso en el uso de las especies y de la importancia cultural de esas plantas en las comunidades investigadas, se utilizó el índice de Nivel de Uso Significativo TRAMIL (Carrillo y Moreno, 2006). Este índice se calculó dividiendo el número de citas para el uso principal de la especie entre el número de informantes encuestados, multiplicando por 100.

Comprobación de las especies citadas como Productos Forestales no Maderables.

Para verificar la existencia de las especies citadas por los campesinos en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola se muestrearon 5 transectos temporales de 20 x 50 m (1000 m²) en cada comunidad en estudio. En el páramo se instaló 5 parcelas temporales de 10 x 5 m (50 m²) siguiendo sugerencias de Kvist *et al.*, (2006).

RESULTADOS Y DISCUSION

Diagnóstico general de los productos forestales no maderables.

La población local reconoce 209 especies que pertenecen a 167 géneros de 126 familias, que proveen productos forestales no maderables. Estas especies crecen en bosques, vegetación de galería, áreas abiertas y otras son toleradas en las huertas; resultados comparables a lo reportado por Zamora (2002) en tres comunidades de Macará donde registró 165 especies útiles; también similares a Sánchez *et al.*, (2006) que identificaron 81 especies en un área geográfica más grande y, es mayor comparando con el estudio realizado por Aguirre *et al.*, (2001) que registraron 51 especies útiles.

Valor de uso de las especies

El valor de uso es la cantidad de veces que una especie es citada por un informante para una determinada categoría de uso en una comunidad. Las especies que presentan el valor de uso más alto se presentan en la Tabla 1 (VU = 5, 4 y 3).

Tabla 1. Especies que registran el mayor valor de uso en las 3 comunidades estudiadas en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuni, Espíndola.

Nombre Científico	Nombre Común	Categorías de Uso														VU	VU %		
		AB	AE	Art	M.H	M.V	To	L/R	C/T	Fo	M/R	Or	M.I	Fi	MC/H				
<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.	Eucalipto		x	x	x							x	x				x	5	35,70
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Arabisco			x									x	x			x	4	28,60
<i>Pinus patula</i> Schiede & Pepppe.	Pino			x									x		x		x	4	28,60
<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.	Arupo			x	x												x	3	21,40
<i>Matricaria recutita</i> L.	Eucalipto				x	x											x	3	21,40
<i>Acacia macracantha</i>	Faique								x							x	x	3	21,40
<i>Borago officinalis</i> L.	Borraja	x			x								x					3	21,40

Categorías de Productos Forestales No Maderables

AB = Alimentos y Bebidas; AE = Aceites esenciales; Art = Artesanías; M.H = Medicina Humana; M.V = Medicina Veterinaria; To = Tóxicos: Lavar/Pescar/Insecticida; L/R = Látex, resinas; C/T = Colorantes y tintes; Fo = Forraje; M/R = Místico/rituales; Or = Ornamental; M.I = Miel de insectos; Fi = Fibra para cercos, sogas y construcciones; MC/H = Materiales de construcción/Herramienta de labranza.

Las tres especies con mayor valor de uso pertenecen a las categorías de aceites esenciales, artesanías, medicina humana, místico/ rituales, ornamental, miel de insectos, fibra para cercos, sogas y construcciones y materiales de construcción/ herramientas de labranza.

Las especies con mayor valor de uso son las que se aprovecha una misma parte de la planta en diferentes formas, ejemplo *Eucalyptus citriodora* las hojas para extraer los aceites naturales, medicina humana y místico religioso. Se destaca el mayor uso exclusivo de especies en la categoría artesanías, medicina humana y materiales de construcción/herramienta de labranza, esto indica que las especies de estos ecosistemas son usadas en mayor cantidad de usos (Sánchez *et al.*, 2006).

Frecuencia de uso de las especies del bosque de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola

El total de registros de usos (citaciones) fue de 720, en la tabla 2, se muestra las seis especies con mayor número de citaciones y su frecuencia de uso en porcentaje.

Tabla 2. Especies que registran la mayor frecuencia de uso en las comunidades estudiadas del bosque de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola, Loja.

Nombre científico	Frecuencia citaciones	Frecuencia de uso (%)
<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook. f.	55	7,64
<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br	41	5,69
<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	40	5,56
<i>Cinchona officinalis</i> L.	39	5,42
<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	17	2,36
<i>Piper aduncum</i> L.	15	2,08

Eucalyptus citriodora es la especie con mayor frecuencia de uso con 55 (7,64 %) citaciones, seguida de *Oreocallis grandiflora* con 41 (5,69 %), *Valeriana microphylla* con 40 (5,56 %), *Cinchona officinalis* 39 (5,42 %) y *Hypochaeris sessiliflora* con 17 (2,36 %).

Frecuencia de uso de las especies por categoría de PFM del bosque de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola.

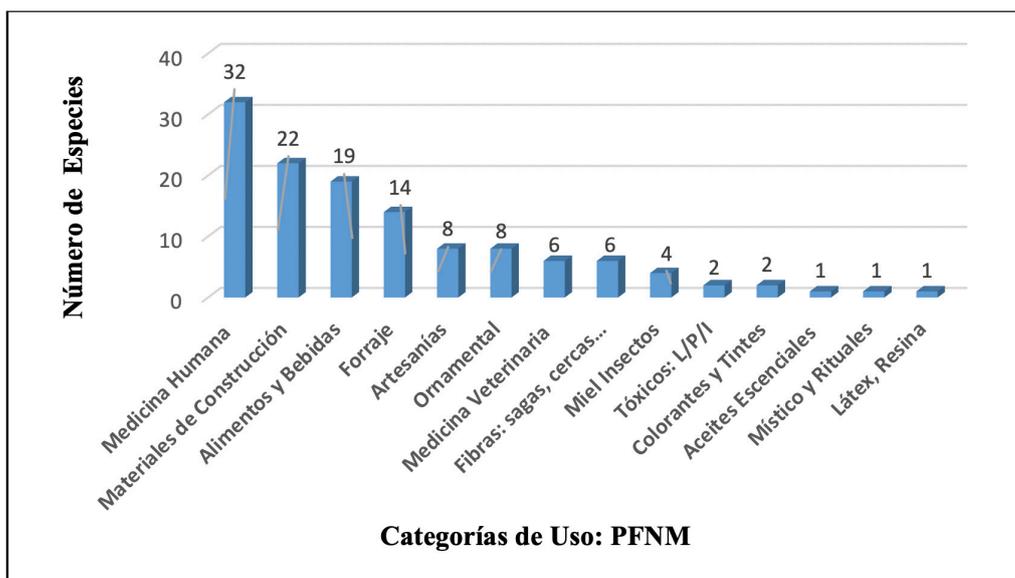


Figura 2. Número de especies por cada categoría de uso registradas en las comunidades estudiadas.

La Figura 2 muestra el número de especies que son citadas para cada categoría de uso como producto forestal no maderable.

La categoría con mayor cantidad de especies citadas son: medicina humana con 32, siendo las más utilizadas: *Eucalyptus citriodora* con una frecuencia de uso de 12,73 %, *Valeriana microphylla* con 10,91 %, *Cinchona officinalis* con 9,09 % y *Hedyosmum racemosum* con 8,45 %. De las 22 especies empleadas para materiales de construcción, las más utilizadas son: *Eucalyptus citriodora* con una frecuencia de uso del 9,09 %, *Pinus patula* con 9,09 % y *Jacaranda mimosifolia* con 7,27 %. En la categoría alimentos y bebidas de las 19 especies citadas, las más utilizadas son: *Aloysia triphylla* con una frecuencia de uso del 10,91 %, *Rubus robustus* con 9,09 % y *Valeriana microphylla* con 8,45 %. Para la categoría forrajes de las 14 especies empleadas, las más citadas son: *Acacia macracantha* 10,91 %, *Pennisetum purpureum* 7,27 % y *Axonopus scoparius* 5,63 %, también estas especies son reportadas para estos usos por Valverde (1998), Sánchez *et al.*, (2006). Resultados similares a los reportados por Aguirre *et al.*, (2012), que también consideran a estas categorías como la más importantes en el cantón Macará, pero difieren en las especies solo *acacia macracantha* coincide en la categoría de forrajes esto se da debido a que las comunidades estudiadas son medianamente diferentes en aspectos florísticos, debido a su ubicación geográfica y grados de intervención antrópica.

Nivel de Uso Significativo (TRAMIL) de las especies con usos en el bosque de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola.

Las especies con frecuencia superior al 20 %, son considerados significativos desde el punto de vista de su aceptación cultural por la población local. Las especies con mayor Nivel de Uso Significativo se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Importancia de las seis especies con el máximo Nivel de Uso Significativo TRAMIL dentro del bosque de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola.

Nombre Científico	Fa	TRAMIL	Parte de la planta utilizada										
			Raíz	Tallo	Hojas	Flores	Ramas	Frutos	Corteza	Resina	Látex	Toda la planta	
<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook	34	51,50		x				x					
<i>Cinchona officinalis</i> L.	22	34,40		x		x				x			x
<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br	22	34,40			x								x
<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	21	32,80	x	x	x	x							
<i>Hypochoeris sessiliflora</i> Kunth	16	24,20		x	x								
<i>Piper aduncum</i> L.	15	22,70			x								

De las 209 especies de plantas útiles registradas para este estudio, seis de ellas que representan el 2,87 %, obtuvieron un valor superior al 20 %. De estas especies el 0 % del total, no están presentes en las

áreas de muestreo, están presentes en pequeñas cantidades en la estructura de los bosques de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola, resultados que difieren con los reportados por Aguirre *et al.*, (2012).

Las especies con nivel de uso significativo TRAMIL mayor al 20 % resultaron ser: *Eucalyptus citriodora*, *Valeriana microphylla*, *Piper aduncum*, *Hypochoeris sessiliflora* y *Cinchona officinalis* de la categoría medicina humana, veterinaria y material de construcción/herramientas de labranza. En la categoría de alimentos y bebidas existe una especie: *Oreocallis grandiflora*. Los resultados de los usos y especies coinciden con el estudio realizadas por Bustamante *et al.*, (2008), pero con otro enfoque metodológico.

Las plantas que se usan con mayor frecuencia son *Cinchona officinalis* y *Valeriana microphylla*, los órganos más usados son las flores, tallo y toda la planta lo que podría significar un riesgo en el tamaño poblacional de éstas especies, observación que también es ostentada por Sánchez *et al.*, (2006) y Aguirre *et al.*, (2012).

Relación nivel de uso significativo (TRAMIL) con el IVI

Las especies que tienen mayor valor de uso, son poco importantes ecológicamente en los bosques muestreados (Figura 3).

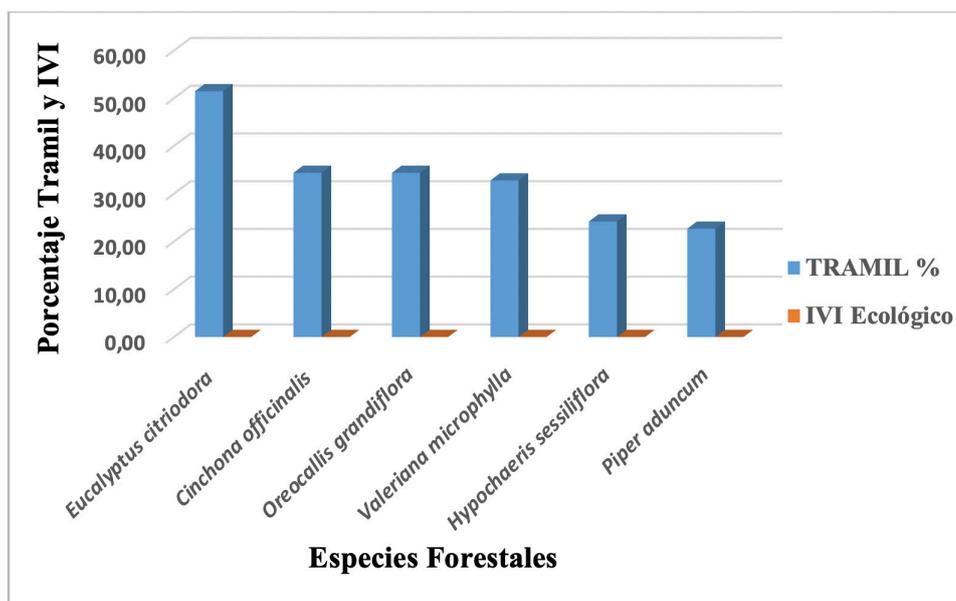


Figura 3. Especies vegetales y su relación entre el nivel de uso significativo (TRAMIL) y el índice valor de importancia (IVI).

Las seis especies reportadas con mayor valor de uso significativo y que son usadas con frecuencia por la población local, no son ecológicamente importantes en el bosque, ya que no se encontró ninguna de estas especies en los transectos y parcelas temporales establecidas en la zona de estudio. Además se observa que *Cinchona officinalis*, *Oreocallis grandiflora*, no están regenerándose naturalmente y *Eucalyptus citriodora*, *Valeriana microphylla*, *Hypochoeris sessiliflora* y *Piper aduncum*, no se encuentran presentes en el bosque, se encuentran en bosques intervenidos, rastrojos, riberas de quebradas y bordes de caminos, esto pone en riesgo el tamaño poblacional de las primeras especies ante el posible aprovechamiento intensivo, observación que también es manifestada por Aguirre *et al.*, (2012), pero con otras especies forestales.

Evidencia de las especies que brindan PFNM en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola.

Producto del muestreo se registró 125 especies de 96 géneros y 65 familias entre árboles, arbustos, hierbas y epífitas, de éstas 26 especies que pertenecen a 25 géneros de 22 familias son referenciadas como útiles por la población. Las especies con mayor abundancia y frecuencia no son usadas como productos forestales no maderables, lo cual también es demostrado en los estudios de Sánchez *et al.*, (2006) y Aguirre *et al.*, (2012).

Similitud florística de la vegetación en la zona de estudio

La vegetación muestreada es considerada medianamente similar. Las zonas de estudio con los valores de similitud se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Índice de similitud de la vegetación de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola, parroquias Amaluza, Santa Teresita y Jimbura.

	Amaluza	Santa Teresita	Jimbura
Amaluza	-	46,15 %	33,33 %
Santa Teresita	29	-	40,32 %
Jimbura	21	26	-

Según el levantamiento florístico la vegetación natural en la zona de estudio de Santa Teresita-Amaluza y Santa Teresita-Jimbura son medianamente disimiles florísticamente; mientras que Amaluza-Jimbura la composición florística es diferentes, debido a que son pocas las especies compartidas entre ellas. Estas comunidades estudiadas son medianamente diferentes en aspectos florísticos, debido a su ubicación geográfica y grados de intervención antrópica, un ejemplo: en la comunidad Amaluza existe *Myrthinium atropurpureum*, *Vernonanthura patens*, especies que no se encontraron en Jimbura, en cambio aquí crecen especies como: *Hedyosmum racemosum*, *Clethra revoluta* especies que tampoco se encontraron en las otras comunidades en estudio.

CONCLUSIONES

Los pobladores de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yacuri, Espíndola citan 209 especies con usos tradicionales que crecen y se colectan en los diferentes hábitats del bosque, en los muestreos se identificaron 125 especies, pero solo 26 especies son referenciadas por la población como PFNM.

Las especies que tienen usos y que son utilizadas, no son abundantes ni frecuentes, tal es el caso de *Cinchona officinalis*, *Oreocallis grandiflora*, *Valeriana microphylla*, *Hypochoeris sessiliflora*, *Piper aduncum*. Estas especies son mencionadas con frecuencia en sus usos, pero no aparecen en los muestreos.

Los niveles de aprovechamiento de productos forestales no maderables (PFNM), no son elevados, por lo que las especies típicas que brindan PFNM mantienen su dinámica población, la extracción excesiva o incremento del aprovechamiento de *Cinchona officinalis* y *Oreocallis grandiflora* podría ocasionar la alteración de la estructura del ecosistema.

La población local conoce de los usos, pero no usa con frecuencia, por tal razón se están perdiendo las tradiciones de usos; posiblemente por la escasa transmisión verbal de las tradiciones de generación en generación.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Zhofre Aguirre Ph.D, Director del Herbario “Reinaldo Espinosa” –LOJA- de la Universidad Nacional de Loja, por la apertura brindada para la identificación de especímenes botánicos y el apoyo en la revisión del manuscrito original.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN POR AUTOR

Juan Carlos Carrión reviso y redactó el documento final del artículo. Stefanía Hurtado y Lizeth Ulloa, colectaron los datos de campo, sistematizaron, analizaron la información y escribieron el manuscrito original. Clemencia Herrera apoyó en la escritura y revisión del documento final de este artículo.

■ BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, Z., E. Cueva, B. Merino, W. Quizhpe y A. Valverde. 2001. Evaluación ecológica rápida de la vegetación en los bosques secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja, Ecuador. Pp. 15-35 En M.A. Vásquez, M. Larrea, L. Suárez y P. Ojeda (eds.) Biodiversidad en los Bosques Secos del Sur-Occidente de la Provincia de Loja. Eco-Ciencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco, Quito. Ecuador.
- Aguirre, Z.; Betancourt, Y.; Geada, G. 2012. Productos forestales no maderables de los bosques secos del cantón Macará, Loja Ecuador. *Revista Forestal Baracoa* 31 (Special Electronic).
- Aguirre, Z.; Yaguana, C. 2012. Documento guía de métodos para la medición de la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Añazco, M. 2006. Productos Forestales No Madereros (PFNM) en el Ecuador una aproximación a su diversidad y usos. Disponible en <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.458.1>. Consultado mayo 12 de 2019.
- Boom, B. 1989. Use of plant resources by the Chácobo. *Advances in Economic Botany* 7: 7896.
- Boom, B. 1990. Useful plants of the Panare indians of Venezuelan Guayana. *Advances in Economic Botany* 8: 57-76.
- Carpentier, C. L., S. Vosti & J. Witcover. 2000. Intensified Production Systems on Western Brazilian Amazon Settlement Farms: Could They Save the Forest? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 82: 73-88.
- Carrillo, T.; Moreno, G. 2006. Importancia de las plantas medicinales en el autocuidado de la salud en tres caseríos de Santa Ana Trujillo, Venezuela. *Revista de la Facultad de Farmacia*. Vol. 48 (2): 21-28.
- Cerón, C.E. 1993. Estudio preliminar de plantas útiles del Parque Nacional Machalilla. Provincia de Manabí, Ecuador. *Hombre y ambiente*, Ediciones Abya-Yala, Número Monográfico 25: 73-130.

Carrión, J., Hurtado, S., Ulloa, L. y Herrera, C. (2019) Productos forestales no maderables (PFNM) de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuni, Espíndola, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(1): 83 - 93.

- Dovie, D. B. K. 2003. Rural Economy and Livelihoods from the Non-Timber Forest Products Trade. Compromising Sustainability in southern Africa? *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 10: 247-262.
- 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]
- Giraldo, E. 2008. La entrevista semiestructurada como instrumento clave en investigación. Disponible en <http://tesiscualitativa.blogspot.com/2008/10/la-entrevista-semiestructurada-como.html>. Accedido 08 de mayo del 2012.
- Hernández, C. y C. Josse. 1997. Plantas silvestres comestibles del Parque Nacional Machalilla. *Hombre y Ambiente, Abya-Yala, Quito* 40: 1-78.
- Jiménez R. 2010. La estrategia mundial para la conservación de la naturaleza. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/pdf_publicaciones/folletodedesarrollo.pdf.
- Kvist P., Z. Aguirre, O. Sánchez. 2006. Bosques montanos bajos occidentales en Ecuador y sus plantas útiles. P. 205-223. En *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Editores: M. Moraes R. B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Marín, C.; Cárdenas, D.; Suárez, S. 2005. Utilidad del valor de uso en etnobotánica, estudio en el departamento de Putumayo (Colombia). Artículo científico Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Bogotá, Colombia.
- Phillips, O. 1996. Some quantitative methods for analyzing ethnobotanical knowledge. P 171-197. En: M. Alexiades (ed.), *Selected guidelines for ethnobotanical research: a field manual*. The New York Botanical Garden, Nueva York.
- Sánchez, O., L. Kvist, Z. Aguirre. 2006. Bosques secos en Ecuador y sus plantas útiles. Pp. 188-204. En Moraes M., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev (eds.). *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Ticktin, T. 2005. Applying a Metapopulation Framework to the Management and Conservation of a Non-Timber Forest Species. *Forest Ecology and Management* 206: 249-261.
- Valverde, F.M. 1998. Plantas útiles del litoral ecuatoriano. Ministerio de Medio Ambiente/ECO-RAE/Eco-Ciencia. Guayaquil.
- Zamora, J. 2002. Etnobotánica del bosque protector Jatumpamba-Jorupe. Loja, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de *Cinchona officinalis* (L.) Ruiz y *Cinchona macrocalyx* Pav. ex DC en relictos boscosos al sur de Ecuador.

Physical properties and anatomical features of the wood of *Cinchona officinalis* (L.) Ruiz and *Cinchona macrocalyx* Pav. ex DC from forest relicts in southern Ecuador

Feijoó César ¹
Espinoza Francis ¹
Cueva Milena ¹
Hidalgo Fanny ¹
Ramón Danny ¹
Jumbo Jorge ¹
Moreno José ³
Yaguana Magaly ³
Eras-Guamán Víctor ^{1,3}
Pucha-Cofrep Darwin ^{1,2} 

¹Carrera de Ingeniería Forestal. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja, Loja - Ecuador.

²Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja, Loja - Ecuador.

³Laboratorio de Micropropagación Clonal. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja, Loja - Ecuador.

*Autor para correspondencia: fdespinozaa@unl.edu.ec

RECIBIDO: 31/03/2019

APROBADO: 27/05/2019

RESUMEN

La importancia *Cinchona officinalis* (cascarilla) por sus propiedades medicinales ha permitido desarrollar profundas investigaciones en el campo farmacéutico y social, sin embargo, se ha prescindido de estudios referentes a su madera. Por ello esta investigación se enfocó en determinar las propiedades físicas, organolépticas, y características microscópicas de la madera. Para ello muestras botánicas y de madera fueron colectadas en individuos provenientes de cuatro relictos boscosos al sur de Ecuador (Selva Alegre, Zamora Huayco, Uritusinga, y El Naque). Se identificó botánicamente las especies en el Herbario Loja, y probetas de madera (12 cm x 2 cm x 4,5 cm) fueron elaboradas para determinar las propiedades físicas y organolépticas. Para identificar las características anatómicas de la madera se realizaron cortes micrométricos en sus planos transversal, tangencial, y radial bajo la normativa IAWA en el Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales de la Universidad Nacional de Loja. Los resultados mostraron que el individuo del sitio Selva Alegre correspondió a *Cinchona macrocalyx* y de allí sus diferencias dasométricas respecto a los otros individuos. En cuanto a las propiedades físicas de la madera se evidenció una alta densidad básica entre 0,63–0,74 g/cm³ una baja contracción menor al 1,6%, y un contenido de humedad promedio de 57%. Referente a las propiedades organolépticas hubo una gran similitud entre los cuatro individuos. En conclusión, las propiedades físicas y organolépticas no presentaron mayores diferencias en relación al sitio, mientras que a nivel microscópico las características cuantitativas de vasos y punteaduras sí presentaron diferencias respecto al sitio de origen. Por ello, investigaciones más profundas son necesarias para determinar en qué medida las condiciones climáticas y biogeográficas influyen en el crecimiento de la cascarilla.

Palabras clave: anatomía de la madera, cascarilla, propiedades físicas, condiciones de sitio, IAWA.

Publicado por Editorial Universidad Nacional de Loja bajo licencia Creative Commons 4.0

■ ABSTRACT

The importance of the Cascarilla (*Cinchona officinalis*) for its medicinal properties has allowed developing deep investigations in the pharmaceutical and social field; however, studies regarding its wood have been dispensed with. Therefore, this research focused on determining the physical properties, organoleptic, and microscopic features of wood. For this, botanical and wood samples were collected from individuals from four forest relicts in southern Ecuador (Selva Alegre, Zamora Huayco, Uritusinga, and El Naque). It began with the botanical identification in the Loja Herbarium, and in turn small wooden test-pieces (12 cm x 2 cm x 4.5 cm) were elaborated to determine the physical and organoleptic properties. To identify the anatomical features of the wood micrometric cuts were made in the transversal, tangential, and radial planes under the IAWA regulations in the Laboratory of Tropical Wood Anatomy of the National University of Loja. The results showed that the individual of the Selva Alegre site corresponded to the *Cinchona macrocalyx* species and thence their differences in the dasometric values with respect to the other individuals. In terms of wood physical properties, a high basic density was found between 0,63-0,74 g/cm³, a low contraction of less than 1,6 %, and an average moisture content of 57 %. Regarding the organoleptic properties there was a great similarity between the four individuals. In conclusion, the physical and organoleptic properties did not show greater differences in relation to the site, while at the microscopic level, the quantitative features of vessels and pits showed differences with respect to the site of origin. Therefore, deeper investigations are necessary to determine the extent to which climatic and biogeographic conditions influence the growth of the cascarilla.

Key Word: wood anatomy, cascarilla, physical properties, site conditions, IAWA.

■ INTRODUCCIÓN

Cinchona es un género de plantas latifoliadas que pertenecen a la familia Rubiaceae y es nativo de los valles andinos de Sudamérica (Buitrón, 1999; Garmendia, 2005). Su distribución es a lo largo de la zona tropical y ecuatorial de la cordillera de los Andes desde 12° latitud norte hasta 20° latitud sur, encontrándose en alturas que van desde 700 hasta 2900 m s.n.m. (Garmendia, 2005). Se conocen 24 especies del género *Cinchona*, de las cuales más de la mitad se encuentran en Ecuador, principalmente en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Loja (Tapia, 2013). Dos de las especies más reconocidas comercialmente son *Cinchona officinalis* y *Cinchona pubescens*. El género *Cinchona* por sus características medicinales para combatir el paludismo y malaria, ha sido explotado a tal punto, que en Loja conocida como la patria de las cascarillas (Cuví, 2009), actualmente es difícil encontrar individuos creciendo de manera natural en bosque nativo, y sólo se puede encontrar en relictos boscosos con poca accesibilidad. En los últimos años las actividades como la tala de bosques, la agricultura y la ganadería han tenido un impacto significativo en la destrucción de su hábitat (Madsen, 2012).

Al momento, estudios sobre *Cinchona officinalis* están más enfocados al campo de la química y farmacéutica. Respecto a propiedades físicas y características anatómicas de la madera la información es limitada para partir de una referencia. Sin embargo, León (2011) hizo un estudio en una especie similar como es *Cinchona pubescens* en el estado de Mérida - Venezuela, donde también analizó las

propiedades físicas y características microscópicas de la madera. León y Espinoza (2001) argumentan que un mejor conocimiento de las propiedades físicas y cualidades anatómicas de una especie ayudan a un uso y aprovechamiento más eficaz, lo cual permite también un manejo sostenible en el tiempo.

Bajo este contexto y con la finalidad de generar mayor información científica del género *Cinchona* en el Ecuador, esta investigación busca identificar si existen diferencias dentro de la misma especie, pero creciendo en diferentes sitios. Por ello, el objetivo de este estudio fue describir las diferencias de las propiedades físicas y características anatómicas de la madera en árboles provenientes de distintos relictos boscosos al sur de Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y selección de individuos

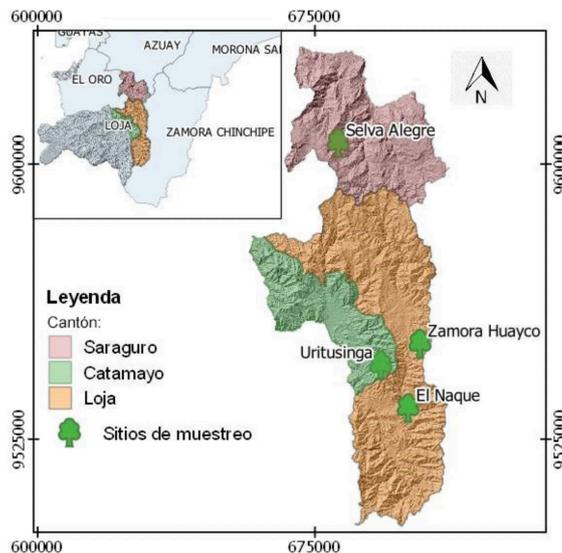


Figura 1. Mapa de ubicación de los cuatro sitios de muestreo en relictos boscosos en tres cantones de la provincia de Loja.

Para el presente estudio se tomaron muestras de madera de un individuo de *Cinchona* en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja. Los sitios de muestreo fueron Selva Alegre perteneciente al cantón Saraguro, Zamora Huayco y El Naque pertenecientes al cantón Loja y Uritusinga perteneciente al cantón Catamayo (Figura 1). Adicionalmente, se colectaron muestras botánicas fértiles por cada individuo para su posterior identificación taxonómica en el Herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja. El criterio de selección de los individuos de la especie se basó en la accesibilidad al sitio y en individuos que posean características fenotípicas con un buen estado fisiológico y fitosanitario. En el campo se registró parámetros dasométricos como DAP y altura total, forma de vida, copa del árbol, vitalidad, posición geográfica, entre otros (Tabla 1).

El individuo de *C. officinalis* localizado en el sitio Zamora Huayco estuvo cercano al cauce de la quebrada San Simón. El individuo de Uritusinga (parroquia El Tambo, cantón Loja) estuvo cercano a una plantación forestal, con vegetación arbustiva y herbácea. Así mismo, el individuo

del sitio El Naque (parroquia Malacatos, cantón Loja) se encontró a 25m de la quebrada denominada Chorrera del Naque, dentro de un Bosque secundario con vegetación arbustiva y herbácea. Finalmente, el individuo de *C. macrocalyx* del sitio Selva alegre estuvo cercano a un mosaico agropecuario y vegetación arbustiva.

Análisis de laboratorio

Propiedades Físicas

Para determinar las propiedades físicas se elaboró pequeñas probetas de madera (12 cm x 2 cm x 4,5 cm), cada una fue lijada desde el grano 60 al 360 hasta tener una superficie lisa y óptima para identificar sus características, y cada probeta fue etiquetada. Las características macroscópicas, organolépticas y propiedades físicas se determinaron en el Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales de la Universidad Nacional de Loja, y fueron las siguientes: volumen, densidad, humedad, contracción, visibilidad de anillos de crecimiento, transición de duramen a albura, color, diámetro total, ancho de duramen, albura y corteza, sabor, olor, color, textura, brillo, peso, veteado o figura y grano.

Características Anatómicas de la Madera

Para el estudio anatómico se utilizaron de tres a cinco cubos de 1 cm y con la ayuda de un micrótopo de deslizamiento GSL1/WSL diseñado por Gärtner *et al.* (2014), se obtuvieron finas láminas de madera de 2-5 μm de grosor en sus tres planos anatómicos, tangencial, transversal, y radial. Este análisis se realizó también en el mismo laboratorio de Anatomía de Maderas tropicales, para lo cual, los cortes milimétricos de madera obtenidos con el micrótopo se colocaron en un porta-objetos. A cada corte se lo tinturó con Safranina (para teñir lignina) y Astrablue (para teñir tejido no lignificado como la celulosa), y se lo dejó reposar de 5 a 10 minutos para que se concentre el tinte en la madera. Posteriormente con ayuda de una pipeta se lavó las muestras con agua destilada para quitar el exceso de tinte, y con tres diferentes concentraciones de alcohol (50 %, 75 % y 95 %) para remover el agua contenida en la madera. Con la finalidad de sellar y almacenar la muestra permanentemente se colocó Bálsamo de Canadá sobre cada corte y sobre éste se colocó un cubre-objetos para luego secar en la estufa a 60°C por 48 horas. Luego, con la ayuda de un microscopio Olympus BX41 y a través del Software Infinity Analyze v5 se tomó varias fotografías digitales con su respectiva escala en sus tres planos anatómicos y con diferentes objetivos (de 4x a 100x) para almacenarlo en un disco duro y así proceder a la identificación de las principales características microscópicas de la madera basados en la nomenclatura de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera IAWA (Wheeler y Gasson, 1989).

En las fotografías digitales del plano transversal se contabilizaron el número de vasos por mm^2 con 10 repeticiones, y también se midió el largo de los vasos en 25 repeticiones. Para la visualización de punteaduras de acuerdo a la lista IAWA y realizar las mediciones se utilizaron los cortes tangenciales con el lente 20x. Finalmente, los datos tanto de propiedades físicas, organolépticas, y microscópicas obtenidos por cada sitio fueron organizados y procesados en una hoja de cálculo para el cálculo de estadísticos básicos.

RESULTADOS

Condiciones de Sitio

De los cuatro individuos colectados en este estudio sólo uno proveniente del sitio Selva Alegre (Saraguro) fue identificado como otra especie *Cinchona macrocalyx* y todos los demás fueron identificados como *Cinchona officinalis* en su mayoría con una copa dominante y una buena vitalidad. Por ello, un mayor DAP (15 cm) y altura total (10 m) fue evidenciado sólo en el individuo de Selva Alegre, donde también se registró una mayor altitud (2755 m s.n.m.) y precipitación (2500 mm), menor temperatura (7 °C) y una pendiente muy pronunciada (70°) a diferencia de los otros sitios (Tabla 1).

Tómese en cuenta que los individuos de *Cinchona* se encontraron en lugares montañosos sobre los 1900 m s.n.m. y tres de los cuatro individuos crecieron sobre los 2200 m s.n.m., desarrollándose principalmente en sitios de moderadas a fuertes pendientes hasta los 70° y siempre cercanos a fuentes de agua con una alta humedad relativa (Tabla 1).

Tabla 1. Características biogeográficas de los cuatro relictos boscosos al sur de Ecuador.

Parámetro	Selva Alegre	Zamora Huayco	Uritusinga	El Naque	
Especie colectada	<i>Cinchona macrocalyx</i>	<i>Cinchona officinalis</i>	<i>Cinchona officinalis</i>	<i>Cinchona officinalis</i>	
Altitud (m s.n.m.)	2755	2200	2462	1933	
Precipitación (mm)	Mín.	500	700	400	600
	Máy.	2500	1700	900	1400
Temperatura (°C)	Mín.	7	9	14	11
	Máy.	18	19	21	20
Humedad Relativa (%)	Mín.	96	66	66	77
	Máy.	97	87	87	82
DAP (cm)	14,96	6,68	6,65	7,67	
HT (m)	10	6,90	6	5,90	
Copa del árbol	Dominante	Dominante	Intermedia	Dominante	
Vitalidad del árbol	Regular	Buena	Buena	Buena	
Coordenadas X (long)	681543	702462	692429	699622	
Coordenadas Y (lat)	9607725	9553316	9547293	9535407	
Pendiente (°)	70	35	10	65	

Propiedades físicas de la madera

Tabla 2. Corte tangencial y transversal de probetas de *Cinchona* de cuatro relictos boscosos al sur de Ecuador.

<i>C. macrocalyx</i> (Selva Alegre)	<i>C. officinalis</i> (Zamora Huayco)	<i>C. officinalis</i> (Uritusinga)	<i>C. officinalis</i> (El Naque)
			
			

Respecto a las propiedades organolépticas de la madera se observó ligeras variaciones respecto a sabor, olor, color, textura peso, veteado y grano de las muestras. Dichas variaciones se evidencian entre probetas del mismo individuo y también entre los diferentes sitios tanto en estado verde, en equilibrio y en seco. *C. macrocalyx* (Selva Alegre) al ser otra especie mostró las mayores diferencias sobre todo con un brillo medio y mayor peso. En cuanto a las similitudes con *C. officinalis*, *C. macrocalyx* mostró iguales valores en lo que respecta a sabor amargo, olor aromático, y textura fina. Por otra parte, respecto al color tanto verde y seco, *C. macrocalyx* presentó tonos marrón pálidos frente a *C. officinalis* que presentó colores amarillos. El veteado de las probetas varió en los cuatro individuos yendo de arcos superpuestos en V en el corte tangencial a bandas paralelas en el corte radial, mientras que en el grano se observó una peculiar diferencia, siendo grano recto en *C. officinalis* (Uritusinga) y *C. macrocalyx* (Selva Alegre), y grano Inclinado en *C. officinalis* (Zamora Huayco, El Naque) (Tabla 2-3).

Tabla 3. Propiedades organolépticas de la madera de *Cinchona macrocalyx* y *Cinchona officinalis*.

Propiedad o característica	<i>C. macrocalyx</i> (Selva Alegre)	<i>C. officinalis</i> (Zamora Huayco)	<i>C. officinalis</i> (Uritusinga)	<i>C. officinalis</i> (El Naque)
1. Sabor	Amargo	Amargo	Amargo	Amargo
2. Olor	Aromático	Aromático	Aromático	Aromático
3. Color en verde (código nombre)	10.0YR-7/4 Marrón muy pálido	10.0YR-7/6 Amarillo	2.5Y-8/6 Amarillo	2.5Y-8/6 Amarillo
4. Color en seco (código nombre)	10.0YR-8/4 Marrón muy pálido	2.5GY-9/4 Palido, aceituna gris claro	2.5Y-8/4 Amarillo pálido	2.5Y-7/6 Amarillo
5. Textura	Fina	Fina	Fina	Fina
6. Brillo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
7. Peso	Pesado	Liviano	Liviano	Liviano
8. Veteado o figura	Arcos superpuestos en “v”	Bandas paralelas, leve- mente jaspeado	Arcos superpuestos en V en bandas pa- ralelas	Bandas paralelas
9. Grano	Recto	Inclinado	Recto	Inclinado

En las propiedades físicas de la madera se evidenció un mayor contenido de humedad con 81,24 % en *C. officinalis* recolectada en el sector Zamora Huayco, mientras que *C. macrocalyx* obtuvo el menor contenido de humedad equivalente a 43,63 %. El individuo con mayor densidad básica fue *C. officinalis* (El Naque) con 0,74 g/cm³ y el individuo de *C. officinalis* (Zamora Huayco) con 0,63 g/cm³ fue el de menor densidad básica. La mayor contracción volumétrica de madera lo registró *C. officinalis* (Zamora Huayco) y *C. macrocalyx* (Selva Alegre) con valores de 1,60 % y 1,20 % respectivamente, mientras que *C. officinalis* (El Naque, Uritusinga) mostraron los menores valores de contracción volumétrica con 1,00 % y 0,89 % respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Propiedades físicas de la madera de *Cinchona macrocalyx* y *Cinchona officinalis*

Propiedad o característica	<i>C. macrocalyx</i> (Selva Alegre)	<i>C. officinalis</i> (Zamora Huayco)	<i>C. officinalis</i> (Uritusinga)	<i>C. officinalis</i> (El Naque)
1. Contenido de humedad (%)	43,63	81,24	51,84	51,71
2. Densidad en verde (g/cm ³)	0,99	1,13	1,09	1,12
3. Densidad en equilibrio (g/cm ³)	0,81	0,79	0,80	0,84
4. Densidad anhidra (g/cm ³)	0,79	0,76	0,79	0,82
5. Densidad básica (g/cm ³)	0,65	0,63	0,72	0,74
6. Contracción longitudinal (%)	0,07	0,15	0,29	0,23
7. Contracción tangencial (%)	0,38	0,59	0,40	0,62
8. Contracción radial (%)	0,19	0,48	0,32	0,39
9. Contracción volumétrica (%)	1,20	1,60	0,89	1,00
10. Relación tangencial-radial	2	1,22	1,25	1,58

Relación de las condiciones de sitio con las propiedades físicas de la madera

En *C. macrocalyx* (Selva Alegre) se evidenció que existe una relación inversa del contenido de humedad y la densidad en verde con la altitud y la precipitación, ya que a 2755 m s.n.m. y 2500 mm que son los mayores datos de estas dos variables, esta especie posee los menores valores en las propiedades de humedad y densidad en verde con relación a los otros sitios. Estas dos propiedades y las contracciones longitudinal, tangencial y radial poseen una relación directa con la temperatura, mientras que *C. officinalis* (Zamora Huayco) posee una relación directa. *C. macrocalyx* (Selva Alegre) y *C. officinalis* (Uritusinga) comparten la misma densidad anhidra pero no poseen similitudes o diferencias significativas con respecto a variables como altitud, precipitación y temperatura.

Características microscópicas de la madera

Las dos especies del género *Cinchona* se caracterizaron por tener anillos de crecimiento poco visibles o ausentes y por tener una porosidad difusa. Todas presentaron vasos en patrones radiales o diagonales en grupos de 4 o más con la excepción de *C. officinalis* (Uritusinga) que presentó de 2-3. El parénquima en todas las especies se encontró como axial difuso. Los radios fueron desde uniseriados hasta multiseriados como en el caso de Zamora Huayco de 5 series y las células radiales fueron en su mayoría procumbentes con más de 4 filas de células verticales. Las placas de perforación fueron simples y las punteaduras intervasculares alternas en los cuatro sitios de estudio (ver Tabla 5 y Figuras 2-3).

Poros y Vasos

En lo que se refiere a la forma de poros y agrupación de vasos, en los cuatro individuos estudiados se observó porosidad difusa, así como vasos en patrones (radiales o diagonales), con agrupación radial de 4 o más vasos, con la particularidad del individuo de Uritusinga que presentó vasos en parte solitarios, en parte en grupos radiales de 2 a 4, o clúster muy pequeños (Figura 2); en cuanto al número de vasos por milímetro cuadrado en su mayoría fueron ≥ 100 vasos por milímetro cuadrado, con la diferencia del individuo de Uritusinga que posee 40–100 vasos por milímetro cuadrado (Media = 133, Desviación estándar = 19, Rango min = 58, y Rango max = 307, ver Tabla 5 y figura 2). La longitud media de vasos fue de $\leq 350 \mu\text{m}$ en todos los individuos muestreados (Media = 215, Desviación estándar = 74, Rango min = 93, y Rango max = 472, ver Tabla 5 y figura 2).

Fibras y parénquima

Se determinó que en todos los individuos muestreados el espesor de la pared de fibras va desde delgada a gruesa sin encontrar diferencias anatómicas en esta característica (Tabla 5 y figura 2). Así mismo en todos los individuos analizados se identificó parénquima axial de tipo apotraqueal difuso y parénquima en bandas de tipo axial escaliforme con ciertas particularidades en cada sitio (ver tabla 5). Además, se encontró en todos los individuos analizados más de ocho células por hebra de parénquima.

Radios

Con respecto al ancho de radio, tanto *C. macrocalyx* (Selva Alegre) como *C. officinalis* (Uritusinga y El Naque) presentaron radios con ancho de 1 a 3 series, con ciertas particularidades en el individuo de *C. officinalis* de Uritusinga y El Naque (ver tabla 5 y figura 2); por otro lado, el individuo de *C. officinalis* (Zamora Huayco) presentó radios comúnmente de 4 a 10 series, con la particularidad de que solo llegó a 5 series. En cuanto a la altura del radio, en todos los individuos se observó radios de altura mayor a 1 mm.

Las células observadas en los radios se caracterizaron por tener el cuerpo del radio con células procumbentes con más de 4 filas de células verticales y/o cuadradas marginales en todos los individuos estudiados, con una cierta peculiaridad en el individuo de *C. officinalis* (Zamora Huayco) (ver tabla 5 y figura 2).

Placas de perforación y punteaduras

En todos los individuos estudiados se observó placas de perforación simples, y se identificaron punteaduras intervasculares alternas (ver Tabla 5 y Figura 3). Con respecto al tamaño de las punteaduras intervasculares, tanto *C. macrocalyx* (Selva Alegre) como *C. officinalis* (Zamora Huayco, Uritusinga) presentaron punteaduras intervasculares diminutas $\leq 4 \mu\text{m}$, por otro lado, el individuo de *C. officinalis* (El Naque) presentó punteaduras intervasculares pequeñas de 4-7 μm (ver Tabla 5 y Figura 3).

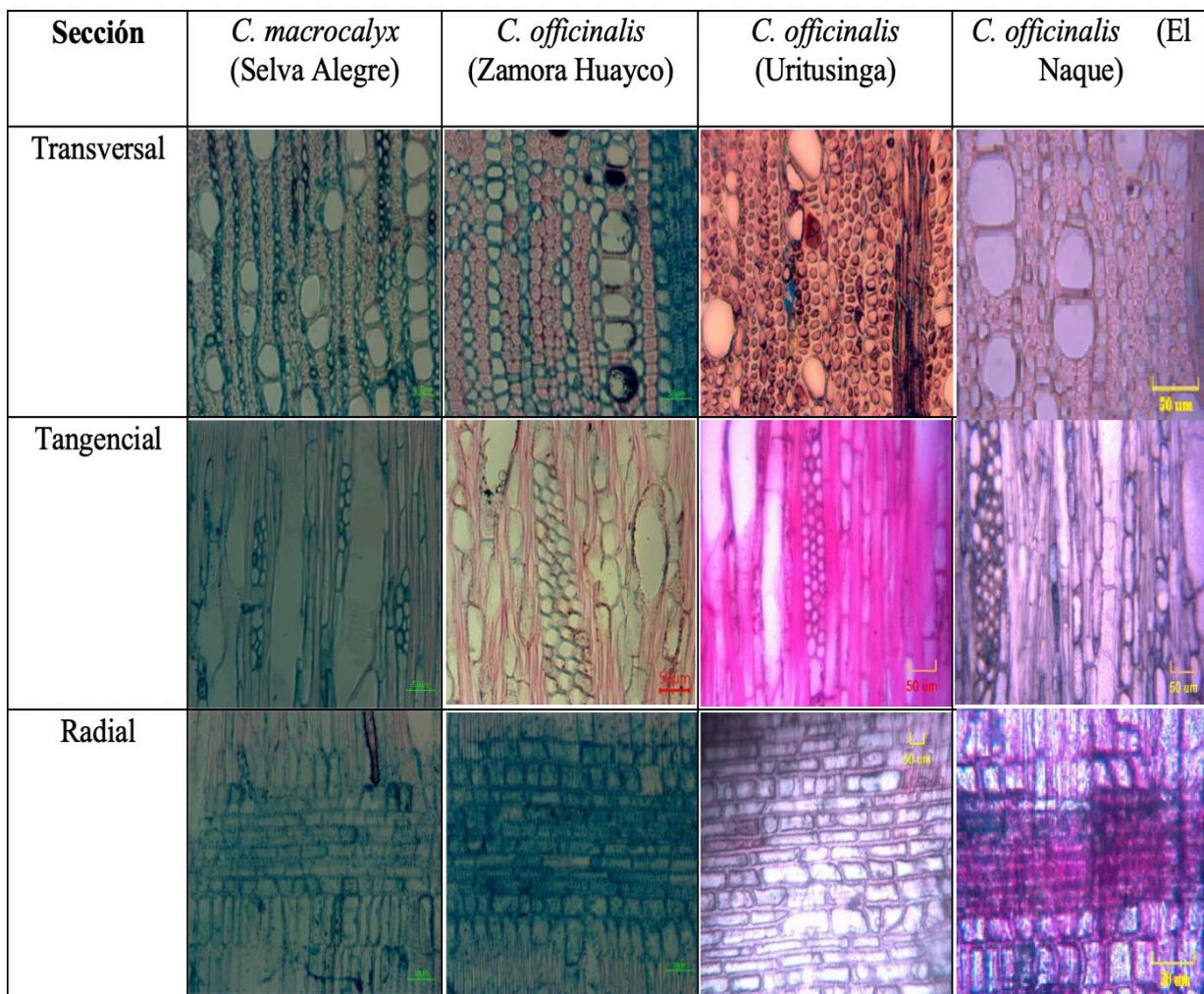


Figura 2. Vista anatómica de la madera en un corte transversal, tangencial y radial con un lente 20x.

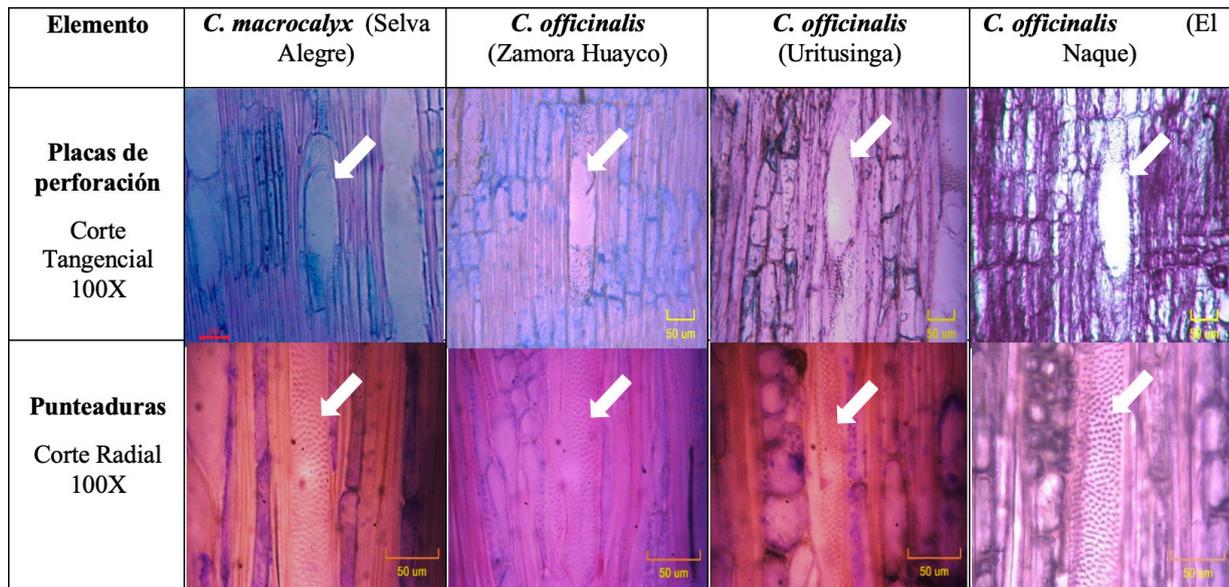


Figura 3. Vista anatómica de la madera donde se muestra placas de perforación (corte tangencial 100X) y punteaduras (corte radial 100X). Las flechas indican las placas de perforación y punteaduras.

Tabla 5. Características anatómicas y microscópicas de la madera de acuerdo a la Nomenclatura IAWA.

# IAWA	Característica	<i>C. macrocalyx</i> (Selva Alegre)	<i>C. officinalis</i> (Zamora Huayco)	<i>C. officinalis</i> (Uritusinga)	<i>C. officinalis</i> (El Naque)
Anillos de crecimiento					
2	Anillos de crecimiento poco visibles o ausentes	X	X	X	X
Vasos					
Porosidad					
5	Anillos con poros difusos	X	X	X	X
Disposición de los vasos o poros					
7	Vasos (poros) en patrones radiales o diagonales	X	X	X	X
Agrupación de vasos					
10	Vasos (poros) en grupos radiales de 4 o más	X	X	X(2-3)	X
Placas de perforación					
13	Placas de perforación simples	X	X	X	X
Punteaduras intervasculares: disposición y tamaño					
22	Punteaduras intervasculares alternas	X	X	X	X

# IAWA	Característica	<i>C. macrocalyx</i> (Selva Alegre)	<i>C. officinalis</i> (Za- mora Huayco)	<i>C. officinalis</i> (Uritusinga)	<i>C. officinalis</i> (El Naque)
Tamaño de punteaduras intervasculares (alternas y opuestas)					
24	Diminutas - $\leq 4 \mu\text{m}$	2,98	3,43	3,90	
25	Pequeño - 4-7 μm				4,05
Vasos por milímetro cuadrado		A	A	A	D A
49	40-100 vasos por milímetro cuadrado			X	
50	≥ 100 vasos por milímetro cuadrado	X	X		X X
51	Media	243,58	102,08	70,63	148,43 102,32
	+/- Desviación estándar,	35,51	23,32	8,50	15,69 11,28
	Rango min, n = 10	200	75	58	123 85
	Rango max, n = 10	307	146	82	167 118
Longitud media de vasos		A	A	A	D A
52	$\leq 350 \mu\text{m}$	X	X	X	X X
55	Media	258,63	164,69	177,62	190,84 281,02
	+/- Desviación estándar,	91,71	59,03	64,96	68,87 83,67
	Rango min, n = 25	93,02	106,02	98,62	102,02 171,84
	Rango max, n = 25	401,05	33,07	338,43	327,07 472,77
Espesor de la pared de fibras					
69	Fibras de pared delgada a gruesa	X	X	X	X
Parénquima axial apotraqueal					
76	Parénquima axial difuso	X	X	X	X
Parénquima en bandas					
88	Parénquima axial escaliforme	X (muy indistinto)	X	X(indistinto)	X(líneas de una fila de células de ancho)
Parénquima axial por tipo de células / longitud de hebra					
94	Más de ocho células por hebra de parénquima	X	X	X	X
Radios					
Ancho de radio					
97	Radios con ancho de 1 a 3 series	X		X(3-4)	X (3)
98	Radios comúnmente de 4 a 10 series		X (hasta 5)		

# IAWA	Característica	<i>C. macrocalyx</i> (Selva Alegre)	<i>C. officinalis</i> (Za- mora Huayco)	<i>C. officinalis</i> (Uritusinga)	<i>C. officinalis</i> (El Naque)
Altura de radio					
102	Radios de altura mayor a 1mm	X	X	X	X
Radios: composición celular					
108	Cuerpo del radio con células procumbentes con más de 4 filas de células verticales y/o cuadradas marginales	X	X (Células procumbentes, seguidas de cuadradas y verticales)	X	X

*La letra D representa el duramen, y la A representa la albura

Relación de las condiciones de sitio con las características microscópicas de la madera

En términos generales, la estructura anatómica de las dos especies del género *Cinchona* en los sitios de estudio fue similar en la mayoría de las características, sin embargo, se mostraron diferencias notables en las características cuantitativas de ambas especies tales como número, longitud, y tamaño de vasos, así como de punteaduras. En ese sentido, se observó que el tamaño de las punteaduras está influenciado por la altitud de manera directa, siendo así que *C. macrocalyx* (Selva Alegre) que es el sitio de mayor altitud (2755 m s.n.m.) registra las punteaduras más pequeñas de 2,98 μm , y *C. officinalis* (El Naque) que es el sitio de menor altitud (1933 m s.n.m.) posee las punteaduras más grandes de 4,05 μm . Es decir, existe una relación inversamente proporcional entre el tamaño de las punteaduras y la altitud, lo que significa que a menor altitud, mayor tamaño de las punteaduras y a mayor altitud, menor tamaño de las mismas.

De igual manera, se observó una influencia directamente proporcional de la precipitación sobre el número de vasos por milímetro cuadrado, ya que *C. macrocalyx* (Selva Alegre) que es el sitio con mayor precipitación máxima (2500 mm) tiene la mayor cantidad de vasos por milímetro cuadrado con una media de 243,58, y *C. officinalis* (Uritusinga) que es el sitio de menor precipitación máxima (900 mm) registra la menor cantidad de vasos por milímetro cuadrado con una media de 70,63. Lo que nos indica que a mayor precipitación máxima, mayor cantidad de vasos por milímetro cuadrado, y por el contrario, a menor precipitación máxima, menor cantidad de los mismos.

La longitud media de vasos igualmente está influenciada por las condiciones de sitio, puesto que se registraron diferencias en cada uno de los sitios de estudio, siendo así *C. officinalis* (El Naque) el sitio con la mayor longitud media de vasos con una media de 281,02 μm , y *C. officinalis* (Zamora Huayco) el sitio con menor longitud media de vasos con una media de 164,69 μm . Sin embargo, para esta característica anatómica cuantitativa no se pudo establecer una relación directa con ninguna de las condiciones de sitio descritas como son altitud, precipitación y temperatura.

DISCUSION

De manera general, y de acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio entre todos los individuos analizados se encuentra que las dos especies de *Cinchona* presentan más similitudes que diferencias en las propiedades organolépticas y físicas de la madera. Sin embargo, una mayor diferencia se encontró en la madera de Selva Alegre identificada taxonómicamente en el Herbario Loja como *C. macrocalyx*, es decir se trata de otra especie, lo cual también es corroborado por los resultados tanto de propiedades físicas y características microscópicas de la madera en este estudio. Por su parte *C. officinalis* tiene una gran similitud entre individuos de los sitios Uritusinga y El Naque, y una leve diferencia en propiedades físicas y características microscópicas en *C. officinalis* del sitio Zamora Huayco. Cabe recalcar que la falta de estudios similares en otras regiones dificulta la comparación de los datos generados, sin embargo, los resultados son pioneros para describir la variabilidad de la madera de *Cinchona* en diferentes sitios al sur de Ecuador.

Propiedades organolépticas

Los colores de la madera de acuerdo al sistema de colores Munsell fueron en general claros tanto en madera verde como en madera seca, de amarillo a marrón muy pálido (2.5Y-8/6, 10.0YR-8/4), lo que se asemeja al estudio realizado por León (2011) en donde menciona que *Cinchona pubescens* presenta madera de color amarillo (10 YT 8/6) a marrón muy pálido (10YR 8/4). El olor presente es amargo lo que difiere con dicho autor que indica que no es distintivo, y puede estar relacionado a que es otra especie. En cuanto al grano va desde recto a inclinado lo que se asemeja a lo que encontró el autor antes mencionado, grano inclinado a entrecruzado, con textura fina. El brillo y peso fueron las características que más diferenciaron estas dos especies en estudio, teniendo mayor brillo y peso *C. macrocalyx*. Hay que recalcar que las características organolépticas en *C. officinalis* no se vieron afectadas por su procedencia, en los tres sitios estudiados mostraron una gran similitud (Tabla 2).

Propiedades físicas

Una de las principales propiedades físicas de la madera, según Ortiz (1998) es el alto contenido de humedad, donde sólo *C. officinalis* (Zamora Huayco) alcanzó un contenido de humedad con 81,24 % y una densidad básica de 0,63 g/cm³, valores que difieren con los resultados obtenidos por Ortiz (1998) en *C. micrantha*, cuya especie alcanzó 118,42 % de humedad y una densidad básica de 0,50 g/cm³. Otra particularidad en cuanto a las propiedades físicas son las diferencias en los porcentajes tanto de contracción radial y tangencial, en la contracción radial se obtuvo valores que van desde 0,19 % hasta 0,48 %, y en la contracción tangencial desde 0,38 % a 0,62 %, tomando en cuenta que estos valores en comparación con los obtenidos por Ortiz (1998) son notablemente inferiores, ya que este autor obtuvo una contracción radial de 6,47 % y contracción tangencial de 9,71 %. Por otro lado, *C. officinalis* (El Naque), registró un contenido de humedad de 51,71 % y densidad en verde, equilibrio, básica y anhidra de 1,12 g/cm³; 0,84 g/cm³; 0,74 g/cm³ y 0,82 g/cm³ respectivamente; valores parecidos a *C. officinalis* (Uritusinga), los mismos que resultaron afines a *Simira cordifolia*, especie similar de la misma familia RUBIACEAE, con un contenido de humedad de 51,47 %, densidad en verde de 0,93 g/cm³, en equilibrio de 0,74 g/cm³, básica de 0,61 g/cm³ y anhidra de 0,71 g/cm³ MAE y FAO (2014). Los resultados obtenidos se verifican con lo mencionado por Spavento *et al.* (2008) quienes mencionan que el contenido de humedad varía según la región de procedencia, como es el caso del individuo de

C. officinalis del sector Zamora Huayco con mayor contenido de humedad por encontrarse junto a una fuente hídrica (quebrada San Simón).

Características anatómicas

En lo referente a características anatómicas, todos los individuos estudiados presentaron anillos poco visibles, similar a lo observado por León (2011), quien manifiesta que *Cinchona pubescens* presenta anillos de crecimiento no definidos. De igual manera, Metcalfe y Chalk (1950) mencionan que *Cinchona ledgeriana* tiene sus anillos de crecimiento indistintos o ausentes. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la presencia o ausencia de anillos influye principalmente por la estacionalidad del sitio donde se crece un individuo, y en los cuatro sitios de este estudio no existe una estacionalidad bien definida ni de temperaturas, ni de precipitaciones.

Los anillos mostraron porosidad difusa, vasos parcialmente solitarios, así como, una agrupación radial de 2 a 4 o más vasos, similar a lo encontrado por León (2011) en *Cinchona pubescens* y en *Cinchona micrantha* (Ortiz, 1998).

El número de vasos por milímetro cuadrado fue ≥ 100 diferente a lo encontrado por Metcalfe y Chalk (1950), en *Cinchona ledgeriana*, donde se encontró de 20-40 vasos por milímetro cuadrado. Así mismo este autor menciona que en la longitud media de vasos va desde $\leq 350 \mu\text{m}$ hasta $\geq 800 \mu\text{m}$, que se asemeja a lo encontrado en nuestro estudio con $\leq 350 \mu\text{m}$. Por otro lado, Ortiz (1998) encontró en su estudio realizado en *Cinchona micrantha* 8 poros por milímetro cuadrado lo que difiere con nuestros resultados obtenidos.

En relación a las fibras encontramos que todos los individuos poseen fibras de tipo delgadas a gruesas lo que es similar a lo obtenido por León (2011) en *Cinchona pubescens* con paredes delgadas a medianas. De igual manera existe estrecha relación con estudios realizados por Metcalfe y Chalk (1950) en *Cinchona ledgeriana* que presenta fibras de paredes delgadas a gruesas.

Acorde a lo reportado por Metcalfe y Chalk (1950) se encontraron similitudes en cuanto al tipo de parénquima, altura de radio y composición celular de los radios, lo que supone un punto clave para identificar el género *Cinchona*. Por otra parte, lo mencionado por Metcalfe y Chalk (1950), en cuanto a la longitud de hebra del parénquima y el ancho de radio, en su estudio se mencionan desde (3-4) hasta (5-8) células por hebra de parénquima y radios comúnmente de 4 a 10 series, esto a diferencia de lo observado que fue más de 8 células por hebra de parénquima y radios con ancho de 1 a 3 series, cabe mencionar que solo *C. officinalis* (Zamora Huayco) presentó radios comúnmente de 4 a 10 series pero con la particularidad de que solo llegó a 5 series.

Ambas especies de *Cinchona* mostraron parénquima axial difuso, y parénquima axial escaliforme en bandas, diferente de *C. micrantha* reportado por Ortiz (1998) quién encontró parénquima paratraqueal vasicéntrico y parénquima apotraqueal difuso en agregados. Por otra parte, León (2011) menciona en *C. pubescens* parénquima apotraqueal difuso, paratraqueal escaso, en series de 2 - 6 células, algo similar a nuestras especies estudiadas puesto que también se encontró parénquima apotraqueal difuso, pero a la vez diferente porque se observó más de ocho células por hebra de parénquima y no se encontró parénquima paratraqueal.

En cuanto a los radios, ambas especies mostraron radios heterocelulares con más de 4 filas de células verticales y/o cuadradas marginales, similar *C. pubescens* (León, 2011) pero a su vez diferentes por los radios de tipo homocelular.

La disposición y tamaño de punteaduras de ambas especies fue similar a *C. ledgeriana* descrito en Inside-Wood (Wheeler, 2011) y también por Metcalfe y Chalk 1950) encontrándose punteaduras intervasculares alternas con un tamaño de $\leq 4 \mu\text{m}$ es decir diminutas, lo cual solo difiere con *C. officinalis* (El Naque), el cual presenta punteaduras intervasculares pequeñas es decir de 4-7 μm . De igual manera, se encontraron similitudes con León (2011) que reporta punteaduras intervasculares alternas, diminutas a pequeñas en *C. pubescens*. Por otra parte, Ortiz (1998) reportó en *C. micrantha* punteaduras intervasculares escaliformes, lo que difiere con *C. Officinalis* y *C. macrocalyx*.

Finalmente, respecto a las placas de perforación todos los individuos mostraron placas de perforación simples siendo similar a *Cinchona pubescens* (León, 2011), con la única diferencia que ocasionalmente se encontró placas escaliformes de hasta 8 barras. Algo idéntico sucedió en el estudio realizado por Metcalfe y Chalk (1950) en *Cinchona ledgeriana* la cual tuvo placas de perforación simples, y en *Cinchona micrantha* (Ortiz, 1998) con placas de perforación muy inclinadas de tipo simple.

■ CONCLUSIONES

Las propiedades físicas, organolépticas, y características microscópicas de la madera tienen gran similitud entre las especies *Cinchona officinalis* y *Cinchona macrocalyx* incluso creciendo en sitios diferentes.

Las propiedades organolépticas de *C. officinalis* muestran una madera más liviana y con poco brillo, mientras que *C. macrocalyx* muestra una madera más pesada y con brillo medio.

La humedad y densidad de la madera en verde y su relación con la altitud y precipitación son inversamente relativos. *C. macrocalyx* (Selva Alegre) al estar expuesta a mayor precipitación y mayor altitud tiene valores de humedad y densidad en verde menores en comparación a los registros de las muestras colectadas en los otros sitios.

Ambas especies muestran similitud en sus características microscópicas y anatómicas de la madera, y lo único que las diferencia son las propiedades cuantitativas como tamaño, número, y longitud de vasos, así como las punteaduras intervasculares, lo cual está más relacionado al sitio que a la especie.

C. macrocalyx del sitio Selva Alegre que crece a mayor altitud, presenta las punteaduras más pequeñas. Por el contrario, *C. officinalis* del sitio El Naque, que crece a menor altitud registra las punteaduras más grandes. Esto determina que existe una relación inversamente proporcional, lo que significa que, a menor altitud, mayor tamaño de las punteaduras.

Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto «Mejoramiento genético de *Cinchona officinalis* L., proveniente de relictos boscosos de la provincia de Loja», por proporcionar el material biológico para este estudio. Al compañero Jimmy Zari por el apoyo en el trabajo de campo y laboratorio. De manera muy especial nuestro agradecimiento al proyecto “Determinación de los turnos biológicos de corta para el manejo forestal sostenible al sur del Ecuador” de la Universidad Nacional de Loja por la asesoría y por facilitarnos el uso de los laboratorios.

BIBLIOGRAFÍA

- Buitrón, X. (1999). Ecuador: uso y comercio de plantas medicinales situación actual y aspectos importantes para su conservación. Ecuador: *TRAFFIC International*.
- Chávez-Romero, D., Aguilar-Rodríguez, S., y Terrazas, T. (2010). Variación anatómica en la madera de *Quercus obtusata* (Fagaceae). *Madera y bosques*, 16(2), 69-87.
- Cuvi, N. (2009). Ciencia e imperialismo en América Latina: La misión de *Cinchona* y las estaciones agrícolas cooperativas (1940 – 1945). (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Garmendia, A. (2005). El árbol de la quina (*Cinchona* spp.), Distribución, caracterización de su hábitat y arquitectura. Loja, Ecuador: Editorial Universidad Técnica Particular de Loja.
- Gärtner, H., Lucchinetti, S., & Schweingruber, F. (2014). New perspectives for wood anatomical analysis in dendrosciences: The GSL1-microtome. *Dendrochronologia* 32(1): 47-51.
- León, W. (2011). Anatomía de la Madera de 31 Especies de Rubiaceae en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*. 34(2): 347-379.
- León, W., y Espinoza, N. (2001). Anatomía de la madera. Primera edición. Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones y Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela. 397 p.
- Madsen, J. (2002). Historia cultural de la cascarilla de Loja (pp. 385-399). En: Z. Aguirre, J. Madsen, E. Cotton, H. Balslev (eds.), *Botánica Austroecuatoriana: Estudio sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe*. Quito, Ecuador: Ediciones Abya Yala.
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). (2014). Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales – Ecuador. Quito. 125p
- Metcalfe, C., & Chalk, L. (1950). *Anatomy of the dicotyledons*. 2 Vols. Clarendon Press, Oxford, U.K. 1500 pp.
- Noves, H. (1985). *Secado de la madera al aire*. Madrid: Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario.
- Ortiz, E. (1998). Influencia de las propiedades físicas y características anatómicas de los usos de *Apeiba membranacea* y *Cinchona micrantha*. Tingo María-Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Spavento, E., Keil, D., y Monteoliva, S. (2008). Propiedades Físicas de la madera. Curso de Xilotecnología.
- Tapia, J. (2013). Estudio de factibilidad para la producción orgánica y comercialización de Quina (*Cinchona officinalis*) en el cantón Loja. (Tesis de grado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Wheeler, E., & Gasson, P. (1989). IAWA List of microscopic features for hardwood identification: with an Appendix on non-anatomical information. Leiden: National Herbarium of the Netherlands. 10(3): 219–332.
- Wheeler, E. A. (2011). Inside Wood—A web resource for hardwood anatomy. *Iawa Journal*, 32(2), 199-211.

Caracterización química de cinco especies forestales en el sur de Ecuador.

Chemical characterization of five tree species from southern Ecuador.

- Aguinsaca Fanny ¹
Rey Yessica ¹
Jaramillo Allison ¹
Luzón Carlos ¹
Jumbo Nohemí ¹
Fernández Paulina ²
González Julia ³
Pucha-Cofrep Darwin ^{1,4} 
- ¹Carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
²Carrera de Agronomía de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
³Laboratorio de Química de la Facultad de Educación el Arte y la Comunicación. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
⁴Laboratorio de Dendrocronología de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
*Autor para correspondencia: nohemi.jumbo@unl.edu.ec

RECIBIDO: 30/03/2019

APROBADO: 20/05/2019

RESUMEN

Las especies forestales representan un recurso biológico de gran importancia para sus habitantes y brindan un sustento económico, social y ambiental; sin embargo, su población decrece drásticamente por un manejo inadecuado. El estudio de caracterización química de la madera nos permite conocer la cantidad de minerales, holocelulosa, extractivos y lignina producidos durante el periodo de vida de cada individuo. Por ello en esta investigación se cuantificó las diferencias químicas entre *Cinchona officinalis* (cascarilla), *Handroanthus chrysanthus* (guayacán), *Cedrela odorata* (cedro), *Ilex guayusa* (guayusa) y *Juglans neotropica* (nogal), provenientes de distintas procedencias del sur de Ecuador. El mayor porcentaje de ceniza tuvo el cedro con 3,25 %, de extractivos la cascarilla con 10,87 %, de lignina el cedro con 16,53 %, y holocelulosa el guayacán con 89,06%. La cantidad de lignina fue el único componente que estuvo en bajas proporciones en todas las especies con relación al rango para latifoliadas que va de 20 a 30 %. Los resultados de esta investigación mostraron una alta variabilidad entre individuos, especies, y sitios, lo cual está relacionado con factores fisiológicos, morfológicos, biogeográficos, y el origen del tejido vegetal para análisis de laboratorio. Por ello es muy necesario y urgente ampliar estudios en este campo para determinar la factibilidad y uso de este recurso forestal.

Palabras clave: Extractos, cenizas, holocelulosa, lignina, madera.

■ ABSTRACT

Forest species represent a biological resource of great importance to their population and provide economic, social and environmental support; however, their population decreases drastically due to inadequate management. The study of the chemical characterization of wood allows us to know the quantity of minerals, holocellulose, extracts and lignin produced during the life period of each individual tree. For this reason, this research quantified the chemical differences between *Cinchona officinalis*, *Handroanthus chrysanthus*, *Cedrela odorata*, *Ilex guayusa* and *Juglans neotropica* from different origins in southern Ecuador. The highest percentage of ash had cedro with 3.25 %, extractives *Cinchona officinalis* with 10.87%, lignin *Cedrela odorata* with 16,53%, and holocellulose *Handroanthus chrysanthus* with 89.06 %. The amount of lignin was the only component that was in low proportions in all species in relation to the range for hardwoods ranging from 20 to 30 %. The results of this research showed a high variability between individuals, species, and sites, which is related to physiological, morphological, biogeographic, and plant tissue origin for laboratory analysis. It is therefore very necessary and urgent to expand studies in this field to determine the viability and use of this forest resource.

Keywords: Extractive, ash, holocellulose, lignin, wood

■ INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país de alta vocación forestal y de una enorme riqueza en biodiversidad que se debe conservar, esto gracias a la variedad de ecosistemas que se ubican en diferentes áreas geográficas, estas cualidades singulares que posee, han permitido calificarle como un país diverso del planeta.

Los cambios en la cobertura forestal del Ecuador están afectados por las tasas de deforestación y por el cambio del uso del suelo; por tanto, es preponderante valorar este recurso como alternativas en la industria forestal y restauración ecológica.

Las especies forestales de amplia distribución geográfica han sido estudiadas más detenidamente para optimizar su uso en la fabricación de aglomerados, contrachapado, y como elementos estructurales, sin tomar en cuenta un aspecto muy importante como es la composición química de la madera lo que permite determinar las propiedades físicas y mecánicas de la misma, para algunos procesos industriales, los estudios sobre la química de la madera estos análisis se ven limitados en su realización por la demanda de tiempo, recurso económico y capital humano capacitado para el trabajo en laboratorio.

La composición química de la madera se expresa básicamente en el contenido de extractivos, ceniza, holocelulosa, lignina y micro elementos. Salazar (1998) manifiesta que la composición química de la madera no puede ser definida con precisión para un grupo de especies o cierta especie, dado que ésta varía dependiendo de la parte del árbol, tipo de madera, localización geográfica y condiciones de crecimiento.

La presente investigación tiene como objetivo cuantificar la composición química de la madera; generar información y contribuir al conocimiento de estas especies como guayacán (*Handroanthus chrysanthus*), cedro (*Cedrela odorata*), nogal (*Juglans neotropica*) y ecológico como la cascarilla (*Cinchona officinalis*), y guayusa (*Ilex guayusa*) en ecosistemas forestales del sur de Ecuador.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en los laboratorios de dendrocronología de la madera, y de química de la Universidad Nacional de Loja, para la selección de las plantas se consideró parámetros mínimos como tener un buen estado fitosanitario y fuste recto. Se colectó secciones de ramas o fuste principal de 1 m de longitud y diámetros de 10 a 20 cm dependiendo del individuo en cada especie.

Las muestras de cascarilla (*Cinchona officinalis*), guayacán (*Handroanthus chrisantus*), cedro (*Cedrela odorata*), guayusa (*Ilex guayusa*), Nogal (*Juglans neotropica*), fueron procedentes de diversos lugares: Zamora Huayco, Uritusinga, Zamora Chinchipe, Nangaritzta y de la Reserva Natural el Tundo respectivamente (Figura 1)

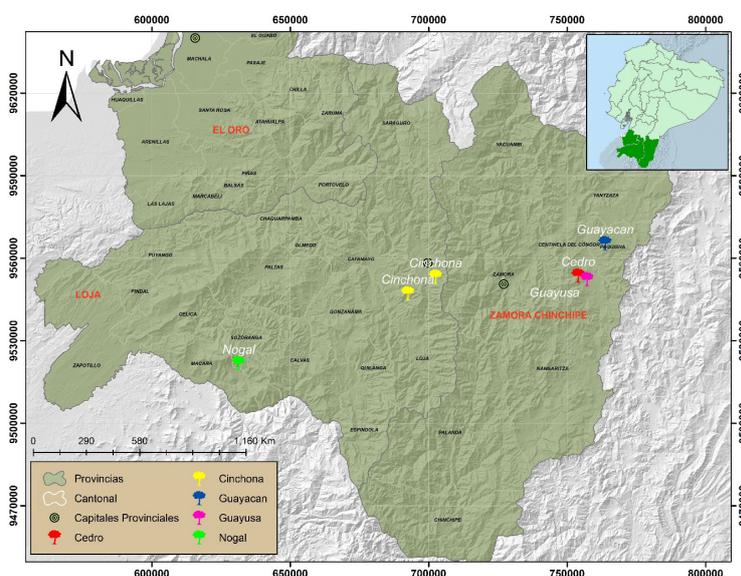


Figura 1. Mapa de ubicación del sitio de colecta de las cinco especies forestales: cascarilla (*Cinchona officinalis*), guayacán (*Handroanthus chrisantus*), cedro (*Cedrela odorata*), guayusa (*Ilex guayusa*), nogal (*Juglans neotropica*).

Para el análisis químico se empleó una parte de la muestra, el resto fue almacenado como material de reserva. La preparación de las muestras y la caracterización química se efectuó siguiendo las normas TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 1978), en cada muestra se determinó: el contenido de extractivos, ceniza, holocelulosa y lignina; los análisis se realizaron por triplicado.

Preparación de las muestras para análisis químico

A la muestra de madera se procedió a sacar la corteza la misma que fue desechada, posteriormente se realizó el lijado utilizando lija N°36, obteniendo así una mezcla homogénea de duramen y albura; finalmente se realizó el tamizado a través de una malla N° 40 (0,42mm)

De acuerdo con la norma TAPPI T 12 os-75, la muestra que fue sometida a los análisis químicos estuvo libre de extractivos, para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

Obtención de extractivos: Para la obtención de extractivos se usó el equipo de Soxhlet, se analizó cinco especies forestales con tres repeticiones. De la mezcla homogénea de albura-duramen de cada especie se pesó aproximadamente 4 gramos, y se la colocó en un dedal de celulosa el mismo que se lo introdujo en el extractor Soxhlet. Se empleó como solvente orgánico el éter de petróleo y etanol. La extracción se dio por finalizada cuando el solvente presentó un aspecto incoloro, se procedió a colocar los balones en el desecador y finalmente se pesó.

$$\% \text{ Extractivo} = \frac{(\text{masa seca del balón con extracto}) - (\text{masa seca del balón vacío})}{\text{masa seca de la muestra}} * 100$$

Determinación de cenizas: Para la determinación de cenizas se empleó la norma TAPPI T 15 os-58, para lo cual se procedió a pesar 5 gramos de la mezcla, se la pone en crisoles que tienen un peso conocido el cual es sometido a altas temperaturas en un plato caliente hasta que se carbonice para finalmente introducir la muestra a la mufla a 575 - 600 °C durante un período de 3 horas; pasado este tiempo se dejó enfriar en el desecador durante 15 minutos, y se procede a pesar para calcular el porcentaje de ceniza.

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(\text{masa de sílice obtenidas}) - (\text{masa de crisol vacío})}{\text{masa de muestra seca}} * 100$$

Determinación de holocelulosa: Para la determinación de holocelulosa se empleó el método de Jayme – Wise. Para lo cual se tomó muestras libres de extractivos, se colocó cada muestra en un matraz y se añadió 150 ml de solución de clorito de sodio al 1,5 % y 10 gotas de ácido acético concentrado, se llevó a baño maría a 70°C durante 45 minutos agitando constantemente. A esta solución se le agregó 5 gotas de ácido acético concentrado, 1 gramo de clorito de sodio sólido; se procedió a filtrar para finalmente colocarlo en la estufa a 105 °C para su secado y por último pesarlo.

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{(\text{Masa seca del papel filtro} + \text{residuo}) + (\text{masa papel filtro vacío})}{\text{masa seca de muestra}} * 100$$

Determinación de lignina: La determinación de lignina se lo realizó con el método Klason. Se procedió a pesar las muestras libres de extractivos de 0,1 gramos, a estas se les adiciono 1,5 ml de H₂SO₄ al 72 % dejando reposar por 15 minutos para posteriormente agregar 60 ml de agua destilada y hacer hervir a reflujo durante 30 minutos, se esperó que se enfrié para luego filtrar este residuo se lo colocó en la estufa a 100°C, finalmente pesar.

$$\% \text{ Lignina} = \frac{(\text{Masa del papel filtro} + \text{residuo}) - (\text{masa seda papel filtro vacío})}{\text{masa de muestra seca}} * 100$$

■ RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de cinco especies forestales se obtuvo una composición química de la madera con 77 % holocelulosa, 12 % lignina, 9 % extractivos, y 2 % ceniza (Figura 2), lo que determinó que a mayor porcentaje menor fue el coeficiente de variación (Tabla 1). La Figura 3 muestra a mayor detalle la composición química de cada componente y especie forestal, evidenciando de manera gráfica las diferencias entre ellas.

Tabla 1. Caracterización química de cinco especies forestales

Especie – Sitio.	Ceniza %	Extractivos %	Holocelulosa %	Lignina %	Total %
Cinchona – Uritusinga	0,90	10,81	72,12	16,17	100
Cinchona - Zamora Huayco	0,90	10,87	80,50	7,73	100
Guayacán - Santa Cecilia	0,50	2,40	89,00	8,50	100
Cedro - Nangaritza	3,25	9,54	70,67	16,53	100
Guayusa - Nangaritza	2,25	10,37	77,27	10,11	100
Nogal- Reserva Natural el Tundo	1,94	10,43	75,34	12,29	100
Promedio	1,62	9,07	77,48	11,89	
Desviación estándar	1,04	3,30	6,66	3,79	
Coefficiente de variación	0,64	0,36	0,09	0,32	
Máximo	3,25	10,87	89,00	16,53	
Mínimo	0,50	2,40	70,67	7,73	

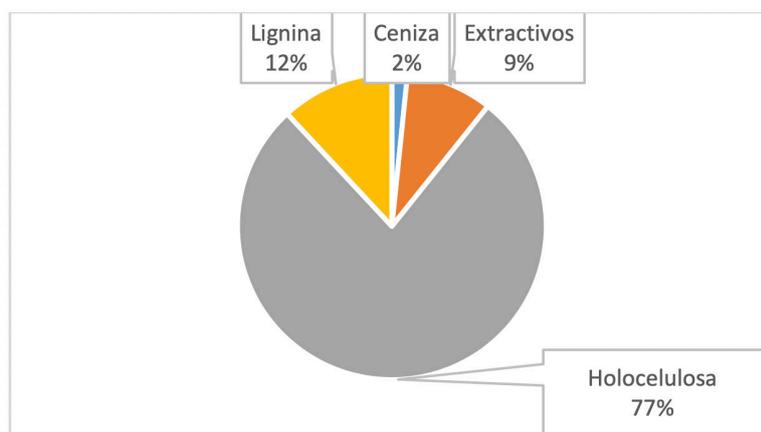


Figura 2. Composición química de la madera en cinco especies forestales

En el componente de holocelulosa guayacán y cinchona de Zamora Huayco resultaron con los valores más altos de 89 % y 80,50 % respectivamente, mientras cedro y nogal con los valores más bajos de 70,67 % y 75,34 %. La lignina fue el segundo componente más abundante en la madera, donde el cedro y cascarilla de Uritusinga mostraron los valores más altos de 16,53 % y 16,17 %, mientras que cascarilla de Zamora Huayco y guayacán mostraron los valores más bajos 7,73 % y 8,50 % respectivamente. En lo referente a extractivos, la cascarilla tanto de Uritusinga y Zamora Huayco presentó los contenidos más altos con valores de 10,87 % y 10,81 %; y guayacán reporto el valor más bajo de 2,48 %. Finalmente, en cuanto al contenido de ceniza, el cedro y la guayusa fueron las especies con los mayores valores de 3,25 % y 2,25 % respectivamente, mientras guayacán y cinchona de ambos sitios presentaron los valores más bajos de ceniza con 0,50 %, 0,90 % y 0,90 % respectivamente.

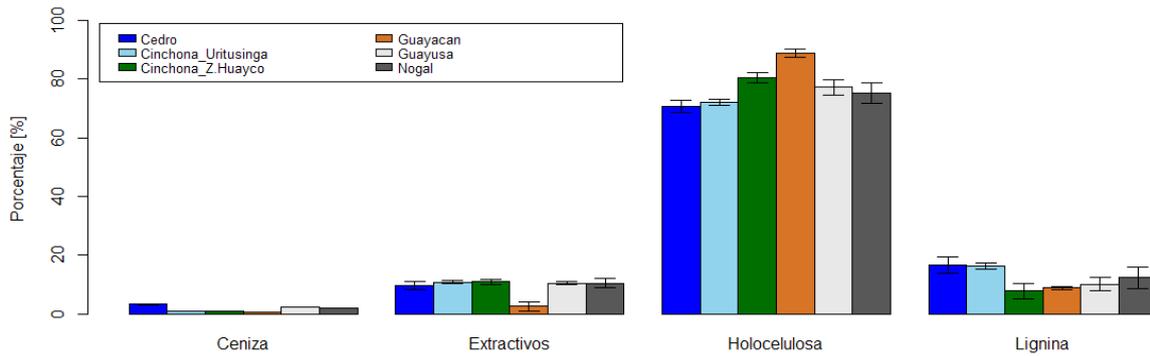


Figura 3. Composición química de la madera como resultado de tres repeticiones en cada especie forestal. Las líneas al centro de cada barra representan el error estándar.

DISCUSIONES

Los resultados de la caracterización química de la madera generados en este estudio se encuentran dentro de los rangos establecidos para latifoliadas (Tsoumis, 1982) lo que demuestra la calidad de los métodos utilizados en esta investigación.

Holocelulosa

Los valores que se reportan en este estudio de holocelulosa van desde 70,67 % a 89,06 %, lo que concuerda con los rangos encontrados por Mitchell (1948) y Fonseca (2006) del 70 al 90 %, quienes acotan que esta fracción es el total hidrocarbonado (celulosa y hemicelulosa) de la madera libre de extractivos o material extraño y es mucho más elevado en maderas duras que en maderas blandas.

Según los autores mencionados, concuerdan que se debe obtener un porcentaje elevado en cuanto a la determinación de holocelulosa. Sin embargo, (Núñez, 2008) menciona que las determinaciones de holocelulosa dan valores altos porque todavía tienen lignina; o bajos porque han perdido hemicelulosas. Así mismo, los resultados de valores menores pueden deberse a factores climáticos o pérdidas de reactivos, como se da con los porcentajes establecidos por Quinde (2013) que van de un rango del 60 % al 70 %.

Lignina

El promedio de lignina entre todas las especies forestales analizadas es de 11.89% lo cual está bajo la media de las latifoliadas; para Morales (2006) los bajos contenidos de lignina están relacionado con el tipo de cultivo, sitio, edad tiempos de cosecha que son factores que influyen en el contenido de lignina. Flores (2001) y manifiesta que está marcada diferencia posiblemente esté asociada significativamente a la edad de los árboles, como también puede estar asociado al tipo de suelo; así como también que bajo contenido de lignina favorece la obtención de una buena calidad del papel. Barahona (2005), menciona que la lignina es una macromolécula, con un elevado peso molecular, presente en un 17 a 26 % en la madera de latifoliadas, comparando estos rangos con las especies de cinchona de Uritusinga y cedro reportaron valores de 16,53 % y 16,17 % respectivamente; valores cercanos a los rangos mencionado; ya que esto depende de muchos factores tanto climáticos, edáficos como fisiológicos de la planta.

Extractivos

Los valores promedios de extractivos mostraron diferencia estadística entre las especies comprendidos entre 2,40% y 10,87%, valores comunes en latifoliadas. Quinde (2013) expresa que los extractivos se mantienen en un rango de entre 2–10 %; en esta investigación las cinco especies forestales reportaron valores que se encuentran en este rango. Fonseca (2006) indica que es importante considerar que la cantidad y composición de extractivos depende de la especie, parte del árbol, época del año, condiciones de crecimiento entre otros factores.

Flores (2001) indica que un alto contenido de extractivos causaría problemas en la deslignificación de la madera afectando significativamente el rendimiento en pulpa. Los extractivos también pueden considerarse un parámetro de calidad de la madera, porque le dan color, olor y resistencia natural a la descomposición (Pereira *et al.*, 2003). Muchas especies de *handroanthus* son conocidas por su alta durabilidad natural (Carvalho, 2003) y los extractivos participan activamente en esta propiedad.

Ceniza

El mayor contenido de cenizas se presentó en cedro con 3,25 %, el menor en guayacán con 0,50 %; Paz (2008) menciona que el contenido de ceniza en las plantas latifoliadas se encuentra en un rango de 0,1-5,4 %; valores que se encuentran dentro de los rangos reportados en nuestra investigación. Cardoso *et al.*, 2001 indica que el contenido de ceniza puede variar según la especie, la disponibilidad en el suelo, las características individuales y la época del año

Solla (2001) acota que las cenizas de madera presentan contenidos importantes de diferentes nutrientes como K, P, Mg y Ca. El tenor de compuestos químicos en la madera depende de muchos factores tanto climáticos, edáficos como fisiológicos de la planta (Flores 2001);

Las muestras de cinchona – Uritusinga y cinchona – Zamora Huayco presentan homogeneidad en el porcentaje de ceniza con 0,90; explicación dada ya que es la misma especie. Salazar (1998) manifiesta que la composición química de la madera no puede ser definida con precisión para un grupo de especies o cierta especie, y que ésta varía dependiendo de la parte del árbol, tipo de madera, localización geográfica y condiciones de crecimiento. Flores (2001) indica que los componentes minerales (cenizas) a un mayor contenido producen un mayor desgaste en los elementos cortantes de maquinarias, como también presentan inconvenientes en el proceso de recuperación de reactivos

CONCLUSIONES

Los resultados demostraron variaciones en las concentraciones de los componentes químico de cada especie y entre la misma especie.

La composición química depende de factores fisiológicos, morfológicos, anatómicos, ambientales, edáficos, entre otros que determinan la concentración de los componentes presentes en la madera en mayor o menor porcentaje.

Los componentes químicos se encuentran en los rangos normales de latifoliadas, excepto el contenido de lignina que presenta valores bajo la media; los mismos que están relacionados con el tipo de cultivo, sitio, edad tiempos de cosecha.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta, I. (2004). Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina Documento de Trabajo. ESFAL/N/14
- Barahona, G. (2005). *Variación de la composición química de la madera*. Obtenido de [Http://Repositorio.Uchile.Cl/Bitstream/Handle/2250/105057/Barahona_G.Pdf?Sequence=3](http://Repositorio.Uchile.Cl/Bitstream/Handle/2250/105057/Barahona_G.Pdf?Sequence=3)
- Carvalho, P. (2003). *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. v. 1, 547 p.
- Cardoso, G. (2001). Sampling procedure development for ash content determination using the woods of *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 34., 2001, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001. p. 1-7.
- CORPEI. (2007). Planificación estratégica Plantaciones Forestales en el Ecuador.
- Ecuador Forestal*. (2012). Obtenido de <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-6-guayacan/>
- Flores, J. (2001). Evaluación de cuatro especies forestales en rendimiento de celulosa para la fabricación de papel. (Tesis de grado). Universidad de San Martín. Obtenido de file:///C:/Users/DELL/OneDrive/articulos%202019/articulo%20caracterizacion%20quimica%20de%20la%20madera%20nov/tesis%20iQUITOS.pdf
- Fonseca, M. (2006). Determinación de la composición química de la madera de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H. E. Moore) procedente de la finca río frío, tactic, alta Verapaz (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- FAO (2012). Programa de evaluación de los recursos forestales. Obtenido de. www.fao.org/3/a-au190s.pdf
- Gonzales, H. (2013). *Productos forestales de transformación química*. Lima: Dto. de Industrias Forestales.
- Lima, L. (2013). *Evaluación de la composición química y propiedades físicas de la madera y corteza*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/3530/1/1080256594.pdf>
- Mendoza, Z. (2015). *Especies forestales más aprovechadas en la región sur del Ecuador*. Loja: ediloja.
- Mitchell, R. Rogers, S. & Ritter, G. (1948). Hemicelluloses from Maple Holocellulose. *Industrial & Engineering Chemistry*, 40(8), 1528-1529.
- Mora, H. (2013). Productos Forestales de Transformación Química. En H. E. Mora, *Productos Forestales de Transformación Química* (págs. 12-24). Lima.
- Núñez, E. (2008). Obtenido de Química de la madera: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/69->
- Paz, F. (2008). Determinación de la composición química de la madera obtenida del primer clareo en arboles de melina (*Gmelina arborea Roxb.*), de una plantación proveniente del departamento de Izabal. (Tesis de Grado) Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1090_Q.pdf

- Pereira, H. Graça, J. Rodrigues, J (2003). Wood chemistry in relation to quality. In: Barnett, J.R.; Jeronimidis, G. (Ed). Wood quality and its biological basis. Oxford: CRC Press. cap. 3, p. 53-86.
- Quinde, A. (2013). *Fundamentos de química de la madera*. Perú: Universidad Nacional Agraria "La Molina".
- Salazar, A. y Pérez., J. (1998). "Determinación de componentes químicos de la madera de cinco especies de encino del estado de Puebla". Rev. Madera y Bosque. 4 (2), 79-93
- Solla, F. Rodríguez, R. Merino A. (2001). Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo de laboratorio. Obtenido de www.inia.es/GCONTREC/pub/solla_1161156613093.pdf
- TAPPI Technical Association of the Pulp and Paper Industry, (1978).
- Tsoumis, George. Science and Technology of Wood. Editorial Van Nostrand Reinhold. New York, 1982.



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

e-mail: bosqueslatitudcero@unl.edu.ec

Indizada/Resumida en Latindex-Directorio

Folio: 16056

2019

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/>

