

Imagen de Portada

Bosque Nublado de Cajanuma

Foto: Zhofre Aguirre Mendoza

Comité Editorial

Dr. Zhofre Aguirre Mendoza PhD
DIRECTOR DE LA REVISTA

Ing. Napoleón López T. MCF
EDITOR RESPONSABLE

Dr. Nikolay Aguirre Mendoza
EDITOR EJECUTIVO

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

MSc. Johana Muñoz Chamba,
Universidad Nacional de Loja

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

MSc, Byron Palacios Herrera,
Universidad Nacional de Loja

MSc Napoleón López Tandazo,
Universidad Nacional de Loja

MSc Víctor Eras Guaman,
Universidad Nacional de Loja

Ing. Vladimir Placencia,
Ministerio del Ambiente Ecuador

Equipo Técnico Editor :

MSc. Jaime Santín Calva,
Carrera de Ingeniería Forestal
Universidad Nacional de Loja

MSc, Vinicio Alvarado Jaramillo,
Carrera de Ingeniería en Manejo y
Conservación del Medio Ambiente,
Universidad Nacional de Loja

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Facultad Agropecuaria y de los
Recursos Naturales Renovables
Dirección: Av. Pío Jaramillo
Alvarado y Reinaldo Espinosa,
Herbario Reinaldo Espinosa -La Argelia-
Loja - Ecuador

Teléfono: (+593) 07 - 2547275

www.unl.edu.ec

e-mail: bosqueslatitudcero@unl.edu.ec

Editorial:

Bosques ...latitud Cero, una idea que con esfuerzo se logró concretar allá por el 2005 con su primera edición impresa, es poco lo que se ha logrado caminar, pero en buen análisis esa es la trayectoria que ha tenido el sector forestal, la presentación de la primera edición recoge el pensamiento del Director Nacional Forestal, expresando que el país no asumido el reto que si se ha visto en otros países latinoamericanos en el tema forestal como un dinamizador de la economía, después de más de una década hoy se podría decir lo mismo y las causas son igual la falta de directrices, políticas y decisiones para el desarrollo de esta actividad.

En su primer editorial la revista recoge su preocupación frente a la estrategia de manejo forestal sustentable implementada en el Ecuador para detener la deforestación, el sistema de gestión de control, regencia y normas legales desarrolladas serían la defensa del bosque. Casi dos décadas transcurridas y la situación no ha cambiado, la deforestación continúa, los mecanismos de control únicamente legalizan la operación o sancionan la infracción, pero el daño al bosque ya se produjo, el cambio de uso del suelo está realizado y no hay bosques manejados sustentablemente.

Hoy que por circunstancias de la vida he vuelto a retomar y formar parte del Comité Editorial de la revista Bosques...Latitud Cero, abrigo la esperanza porque la actividad forestal en su parte productiva tenga el impulso deseado, para no seguir acabando los bosques y su biodiversidad.

En esta fecha dedicada al día del árbol confío en que los árboles como mejores comunicadores del mundo a través del papel, sigan siendo el soporte a las ideas que puedan cambiar y desarrollar el sector forestal, anticipo porque muchos dirán ahora ya estamos en la era digital y con sano orgullo debemos expresar que esta revista ya no solo es nacional, se internacionalizó porque ahora es un medio digital con respaldo de Latindex; sin embargo, los árboles seguirán siendo imprescindibles porque el CO2 generado por cuatro computadores encendidos durante un año con 8 horas diarias, equivale a una tonelada de CO2, el mismo que puede ser capturado por dos árboles de mediano tamaño en 50 años. El árbol es vida.

Al tiempo de invitar a estudiosos, investigadores y más interesados a expresar sus ideas a compartir trabajos a través de la revista, que con la más grata acogida

*Ing. Napoleón López Tandazo MCF
COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL.*

Riqueza florística y carbono almacenado en tres pisos altitudinales de bosques amazónicos, Zamora Chinchipe, Ecuador

**Richness floristic and stored carbon on three altitudinal floors of amazon forests
Zamora Chinchipe, Ecuador**

Oswaldo Jadán^{1*}, Wilson Quizhpe², Edwin Pacheco², Mario González³, Edwin Ponce³, Zhofre Aguirre², Denisse Peña¹

1. Investigadorer de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca.
2. Investigadores de la Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja
3. Investigadores de la Fundación Fidase

* Autor para correspondencia: oswaldo.jadan@ucuenca.edu.ec

Recibido: 15 abril 2017

Aceptado: 11 de junio 2017

Resumen

Los bosques tropicales poseen alta riqueza florística y complejas estructuras que con base a su funcionalidad brindan servicios ecosistémicos. Se evaluó la riqueza de especies arbóreas, arbustivas, herbáceas y el carbono almacenado en tres pisos altitudinales: Pie montano, Montano bajo y Montano. Se instalaron parcelas de área variable donde se evaluó la riqueza florística y las especies más importantes ecológicamente. También se determinó la densidad y área basal, y se estimó el carbono almacenado mediante métodos directos y modelos alométricos para bosques tropicales. La mayor riqueza de especies arbóreas, densidad y área basal se registró en el piso Pie montano ubicado a menor altitud. El carbono total almacenado fue mayor en el piso Montano bajo, influenciado por la alta cantidad de carbono almacenado en el suelo. El carbono en la biomasa aérea arbórea fue mayor en el piso Pie montano a diferencia del Montano, bajo lo cual es influenciado por el área basal que es resultado de mediciones del DAP; este parámetro se correlacionó fuertemente con la biomasa. Se concluye que el carbono almacenado se relaciona directamente con la composición de especies,

especialmente las arbóreas presentes con mayores o menores valores estructurales tanto en área basal y densidad, en los diferentes pisos altitudinales.

Palabras claves: área basal, biomasa, estructura, riqueza, montano.

Abstract

Tropical forests have high floristic richness and complex structures that, based on their functionality, provide ecosystem services. The richness of arboreal, shrub and herbaceous species and the carbon stored in three altitudinal floors were evaluated: *Mountain foot*, *Montano under* and *Montano*. Variable area plots were installed where the floristic richness and the most important species were evaluated ecologically. The density and basal area were also determined, and carbon stored by direct methods and allometric models for tropical forests was estimated. The greatest richness of tree species, density and basal area was recorded in the floor *Mountain foot* located at lower altitude. The total stored carbon was higher in the low montane floor, influenced by the high amount of carbon stored in the soil. The carbon in the arboreal aerial biomass was higher in the *Montane foot* floor as opposed to *Montane under* which it is influenced by the basal which is the result of DAP measurements; this parameter correlated strongly with the biomass. It is concluded that stored carbon is directly related to the composition of species, especially the trees present with higher or lower structural values both in basal area and density, in the different altitudinal floors.

Keywords: basal area, biomass, structure, richness, montane

Introducción

Los bosques Neotropicales son los más diversos del mundo (Gentry, 1988; Valencia, Balslev & Miño, 1994). Esta característica fue atribuida en principio a los ubicados al sur este asiático (Berry, Guariguata & Kattan, 2002) pero otros estudios han demostrado que actualmente los bosques más ricos de mundo se encuentran en Yanamomo, Perú, y Cuyabeno, Ecuador. En el primer sitio, Gentry (1988) registró 283 especies arbóreas, mientras que Valencia et al., (1994) en Ecuador registraron 307 especies de árboles con diámetro ≥ 10 cm DAP (Diámetro a la altura del pecho _{1,30 m}) en una parcela de una ha. Ambos sitios pertenecientes a la cuenca de río Amazonas.

En el Sur del Ecuador existen considerables remanentes de vegetación natural forestal frente a las que se han emprendido diferentes investigaciones (Cartuche-Toledo, 2016; Dislich, Günter, Homeier, Schröder & Huth, 2009; Espinosa, Cabrera, Luzuriaga & Escudero, 2011) especialmente en zonas de alta importancia ecológica como la Cordillera del Cóndor (Girardin et al., 2014; Jadán & Aguirre, 2011; Neill, 2007). En esta región existen diferentes formaciones

vegetales distribuidas en tres regiones naturales tanto Costa, Sierra y Amazonia. Específicamente en la región amazónica, provincia de Zamora Chinchipe se han documentado más de diez formaciones o ecosistemas de vegetación natural las cuales están diferenciadas por pisos altitudinales (MAE, 2013). Estos pisos altitudinales se convierten en micro-hábitats donde están asociados diferentes factores ambientales que controlan el desarrollo natural de diferentes comunidades o grupos específicos de plantas vasculares (Homeier et al., , 2010).

A nivel tropical, los bosques a más de su alta diversidad de elementos arbóreos y como efecto de su estructura son importantes por la provisión de servicios ecosistémicos. Uno de estos servicios es la fijación y almacenamiento de carbono el cual está ligado con la mitigación hacia el cambio climático (Asner et al., 2010; Moser et al., 2011). Investigaciones locales diferencian capacidad de almacenamiento y fijación entre bosques primarios y secundarios (Chacón, Leblanc & Russo, 2007; Jadan et al., 2015). Sin embargo, los bosques tropicales son los que almacenan las mayores cantidades de carbono en relación con otras coberturas vegetales, por lo tanto son más eficientes dentro de este servicio ecosistémico (Jadan et al., 2015; Sullivan et al., 2016).

Contrariamente a la diversidad y servicios de poseen y brindan los bosques tropicales, estos ecosistemas presentan grandes problemas ambientales. Sobresale la deforestación como uno de los problemas más comunes pero uno de los más graves al mismo tiempo (Achard et al., 2002). En Zamora Chinchipe se han registrado las tasas de deforestación más altas considerando a todas las provincias amazónicas del Ecuador y la segunda a nivel nacional después de Esmeraldas (Sanchez, 2015). Las causas están ligadas especialmente a actividades antropogénicas ganaderas, minería y desarrollo vial (Tapia-Armijos et al., 2015). Otro factor son los vacíos de conocimiento respecto a ciertos atributos de la vegetación sobre los bosques naturales, lo mismo que no permiten valorarlos, manejarlos, ni consérvalos integralmente.

Bajo estos antecedentes y para generar información que permitan manejar, conservar y valorar integralmente los recursos forestales de la región tropical en el sur del Ecuador se presenta datos descriptivos sobre: Composición de las especies más importantes ecológicamente y riqueza de especies en tres estratos vegetales tanto: arbóreo, arbustivo y herbáceo, dentro de tres pisos altitudinales o florísticos y datos de almacenamiento de carbono en diferentes estratos de la vegetación y compartimentos en tres pisos altitudinales o florísticos.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en tres pisos altitudinales dentro de las cordilleras amazónicas existentes en la provincia de Zamora Chinchipe, ubicados en los cantones de Nangaritza, Yantzanza y El Pangui. Estos pisos son: Piemontano (300 -1300 msnm); Montano bajo (1300 – 1800 msnm) y Montano (1800 – 2600 msnm) (Figura 1).

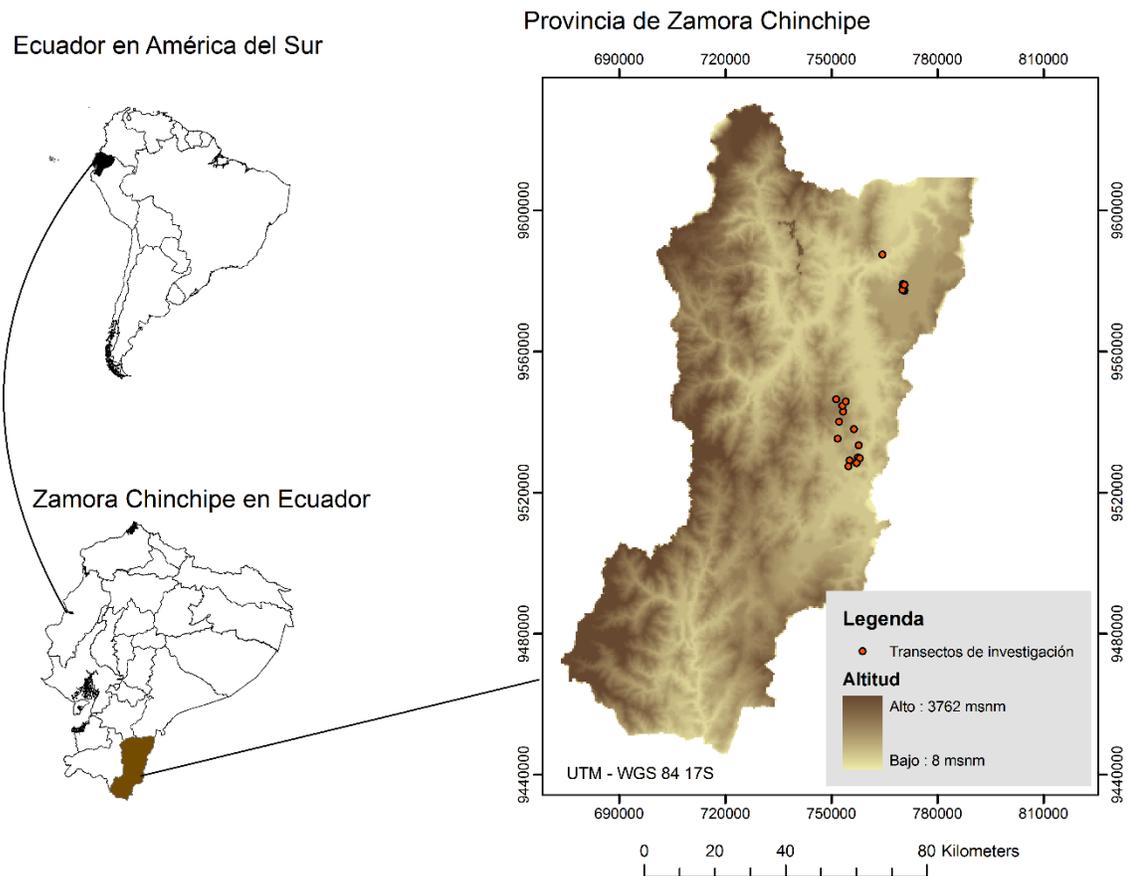


Figura 1. Ubicación de los sitios de investigación en la provincia de Zamora Chinchipe.

Muestreo y toma de datos

Se elaboró un modelo de elevación digital y capas digitales para diferenciar clases altitudinales según los pisos altitudinales descritos en Sierra et al., (1999). Estas clases sirvieron para ubicar *in situ* los sitios de muestreo. En cada piso altitudinal se instalaron parcelas de área variable para evaluar los diferentes estratos como se detallan en la Tabla 1. Los estratos evaluados fueron: arbóreo, arbustivo y herbáceo. Estos fueron diferenciados por biotipos de árboles, arbustos y hierbas diferenciados taxonómicamente según el catálogo de plantas vasculares del Ecuador (Jorgensen & Leon-Yanez, 1999). En los árboles y arbustos se consideraron también las palmas y los helechos arbóreos.

Tabla 1. Número de parcelas y superficie muestreada en cada piso altitudinal en diferentes estratos de vegetación.

Estratos	Nro. de parcelas en Pie montano	Superficie (m ² , ha)	Nro. de parcelas en Montano bajo	Superficie (m ² , ha)	Nro. de parcelas en Montano	Superficie (m ² , ha)
----------	---------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------	----------------------------------

Arbóreo	21	10500-1,05	14	700 - 0,7		0
Arbustivo	22	550 - 0,055	12	300 - 0,03	3	75 - 0,0075
Herbáceo	22	22 - 0,0022	12	12 - 0,0012	3	3 - 0,0003

En cada parcela, para evaluar el estrato arbóreo ≥ 10 cm de DAP según las especies más importantes ecológicamente y el carbono almacenado, se instalaron transectos al azar de 500 m² (50 m \times 10 m). Dentro de estas parcelas se tomaron datos de DAP, altura total y se contabilizó el número de individuos por cada especie. También se instalaron parcelas anidadas de 5 m \times 5 m para evaluar el estrato arbustivo y de 1 m \times 1 m para el estrato herbáceo. En cada parcela se recolectó una muestra botánica de todas las especies para su posterior identificación.

Análisis de la información

Especies de mayor importancia ecológica y parámetros forestales

Las muestras botánicas fueron identificadas mediante comparaciones taxonómicas con las colecciones existentes en el herbario “Reinaldo Espinosa” LOJA de la Universidad Nacional de Loja. Con los datos tomados en campo se calculó los valores relativos de densidad, dominancia, frecuencia e índice de valor importancia (IVI) aplicando las fórmulas expuestas en Curtis & McIntosh (1951). También se determinó la estructura de la vegetación con base a la densidad que está representada por el número de individuos por ha (N/ha) y el área basal que fue calculada a partir del DAP aplicando las formulas propuestas por Prodan (1997)

Carbono almacenado en la biomasa de árboles, arbustos y hierbas

Para el estrato arbóreo se utilizó la fórmula alométrica propuesta por Brown, Gillespie & Lugo (1989) con la que se estimó la biomasa aérea en árboles evaluados. La fórmula aplicada fue: $Y = \exp \{-2.4090 + 0,9522 * \ln(\text{dap}^2 \text{HS})\}$, donde: Y = biomasa kg; DAP = diámetro a la altura del pecho (cm); H = altura total (m); S = densidad de la madera (gr/cm³) $\exp\{\dots\} = e$ elevado a la potencia de $\{\dots\}$. Para convertir los datos de la biomasa a carbono se multiplico por 0,5 (Tanabe & Wagner, 2003). Se calculó la biomasa para cada árbol y la suma de todos los árboles dio los valores de biomasa para cada parcela. Se comparó los promedios entre los totales de cada parcela por cada piso altitudinal. También se generaron modelos alométricos con base a las relaciones entre DAP (variable independiente) y biomasa (variable dependiente) para establecer relaciones de dependencia. Esto, debido a que se afirma que el DAP es una de las variables dendrométricas que mayormente se ajusta a la biomasa (Fonseca, Alice & Rey, 2009).

Para el estrato arbustivo (parcela de 5 m \times 5 m), estrato herbáceo y la necromasa (parcela de 1 m \times 1 m) se colectó todo el material vegetal que represento cada estrato. Se pesó todo el volumen y luego se recogió una muestra de 500 gr y se registró su peso en verde. Esta fue secada en una estufa a 72°C y 72 horas; luego se obtuvo su peso seco. Se realizaron los cálculos con base a la relación peso seco/peso verde; se utilizó las ecuaciones propuestas en Jadán, Torres & Günter (2012)

Para estimar el carbono almacenado en el suelo se recolectaron muestras homogeneizadas de suelo con 500 g a dos profundidades (5 cm y 20 cm). Estas fueron analizadas en el laboratorio de Edafología de la Universidad Nacional de Loja, donde se determinó el carbono almacenado mediante el método del dicromato de potasio (Walkley & Black, 1934). Se convirtieron a stocks de carbono los resultados obtenidos (%) según las densidades aparentes y profundidades, mediante una tabla de conversión generada por el laboratorio mencionado. Esto permitió transformar los elementos del suelo existentes en las dos profundidades y así determinar la cantidad de carbono orgánico por unidad de superficie.

Resultados

Composición de especies

En el estrato arbóreo dentro del piso altitudinal Pie montano las especies *Miconia* sp, *Dacryodes peruviana* (copal), *Inga edulis*, (guaba), *Humiriastrum mapiriense* (chanul) fueron las más importantes ecológicamente, según el IVI. También sobresale *Iriartea deltoidea* (pambil). En el piso altitudinal Montano bajo las especies arbóreas *Micropholis guyanensis*, *Endlicheria sericea*, *Blakea involvens*, *Wettinia* sp. y *Dacryodes peruviana* (copal), son las de mayor importancia ecológica. En el piso altitudinal Montano no se registraron árboles (estrato arbóreo) con diámetros ≥ 10 cm de DAP.

En el estrato arbustivo (biotipos con dap ≤ 10 cm) y piso altitudinal Piemontano las especies: *Miconia* sp, *Psychotria* sp, *Cyathea carcasana* (helecho), *Disterigma alaternoides* y *Cavendishia* sp, son las de mayor importancia ecológica según el IVI. En el piso altitudinal Montano bajo, las especies: *Psychotria* sp, *Ossaea* sp, *Piper obliquum*, *Miconia* sp, y *Pagamea dudleyi* son las más importantes. En el piso altitudinal Montano las especies: *Graffenrieda emarginata*, *Macleania* sp, *Psychotria allenii*, *Clusia alata* y *Ferdinandusa guainiae*, son las más importantes.

En el estrato herbáceo: *Elaphoglossum leptophyllum*, *Renealmia* sp y *Peperomia* sp son las especies de mayor importancia ecológica en el piso Pie montano según el IVI. En el piso Montano bajo: *Philodendron* sp, *Elaphoglossum lechlerianum*, *Elaphoglossum leptophyllum*, *Costus scaber*, *Rhodospatha* sp, son las especies de mayor importancia ecológica. En el piso Montano las especies: *Anthurium aulestii*, *Chevaliera veitchii*, *Clidemia* sp, *Diplazium* sp y *Elaphoglossum lingua* sobresalen ecológicamente.

Riqueza de especies

En el estrato arbóreo fue superior en el piso altitudinal Piemontano en relación a Montano bajo que registró valores menores (Figura 2). El estrato arbóreo, aunque no se evidenció en el piso

Montano dentro de las cordilleras amazónicas donde se realizó la investigación, sin embargo, si existe en las vertientes orientales de la cordillera de Los Andes, dentro de la misma provincia. La riqueza de especies en el estrato arbustivo fue similar en los tres pisos altitudinales. En el estrato herbáceo disminuyó en riqueza de especies desde el piso Montano bajo, Pie montano y Montano.

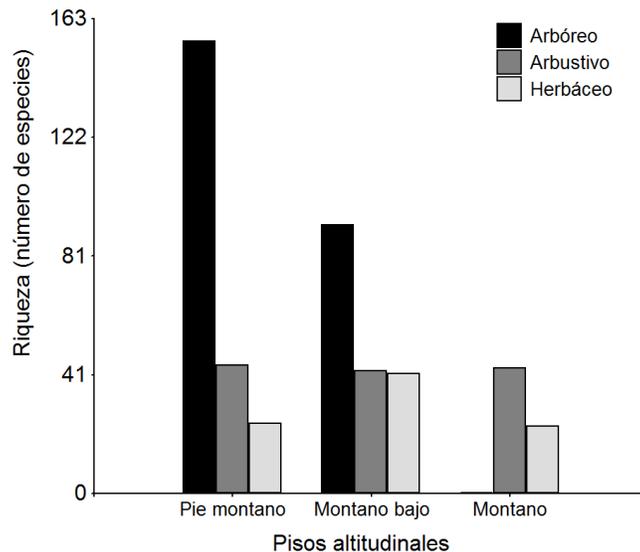


Figura 2. Riqueza total de especies registradas en los bosques diferenciados por pisos altitudinales en Zamora Chinchipe.

Estructura – densidad y área basal

La densidad en el estrato arbóreo fue superior en el piso Pie montano y disminuyó hacia los pisos altitudinales Montano bajo y Montano (Figura 3). Así, se muestra un patrón de distribución de mayor densidad conforme se incrementa la altitud. No así en el estrato arbustivo donde la densidad fue ampliamente superior en el piso Montano bajo; donde existe mayor presencia de arbustos (Figura 3). La densidad de plantas en el estrato herbáceo presentó valores altos para el piso altitudinal Montano (223 333 individuos por ha – N/ha), seguido del piso altitudinal Montano bajo (163 333 N/ha) y el piso Pie montano (100 000 N/ha). Se registraron mayores individuos herbáceos conforme se incrementa la altitud.

El área basal en el estrato arbóreo fue superior en Pie montano a diferencia de Montano bajo. Aquí se demuestra que existe un patrón de disminución en área basal conforme se incrementa la altitud (Figura 3b).

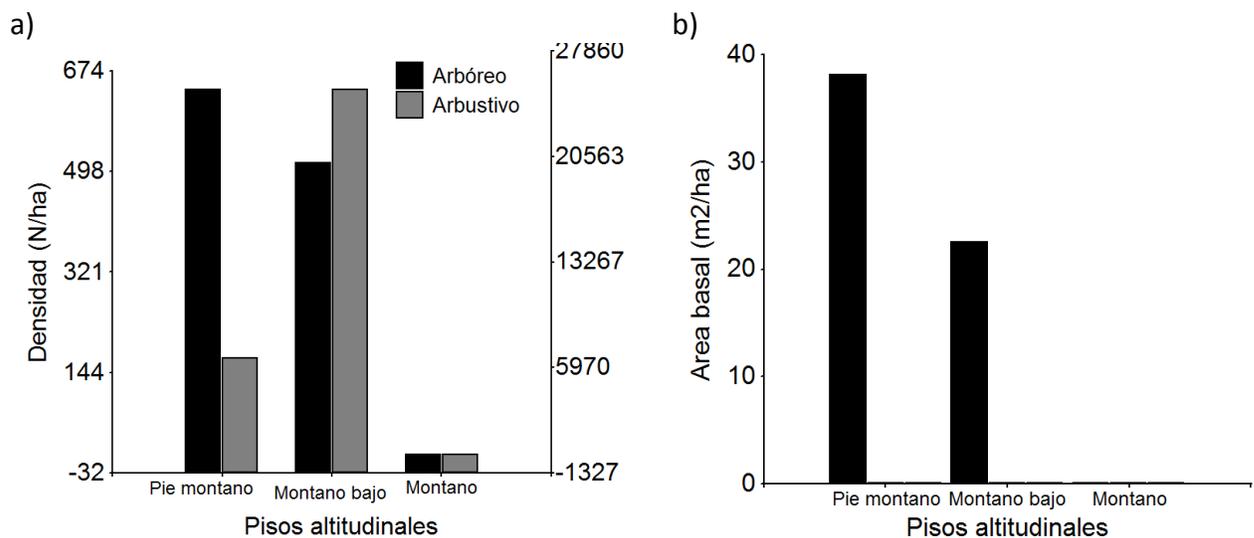


Figura 3. Valores de densidad en el estrato arbóreo y arbustivo a), y área basal en el estrato arbóreo b) registrados en tres pisos altitudinales en Zamora Chinchipe. Eje secundario en 3a) representa la densidad en el estrato arbustivo.

Almacenamiento de carbono

Estrato arbóreo. La biomasa aérea y carbono almacenado fue 4,5 veces superior en el piso altitudinal Piemontano en comparación con el Montano bajo (Tabla 2). En el Piemontano las especies arbóreas *Dacryodes peruviana*, *Phyllanthus* sp., *Cedrelinga cateniformis*, *Guarea kunthiana* y *Endlicheria sericea*, son las que contienen mayores cantidades de biomasa y carbono almacenado. En Montano bajo las especies *Dacryodes peruviana*, *Micropholis guyanensis*, *Endlicheria sericea*, *Clusia decusta* y *Terminalia amazonia* sobresalen sobre esta variable. Estos máximos valores se deben a los altos registros en su área basal y DAP. Así se registraron fuertes relaciones de dependencia ($P < 0,0001 - R^2 \geq 0,8$) entre DAP y biomasa, tanto en Piemontano (Figura 3a) y Montano bajo (Figura 3b) mostrado a través de regresiones lineales polinómicas.

a)

b)

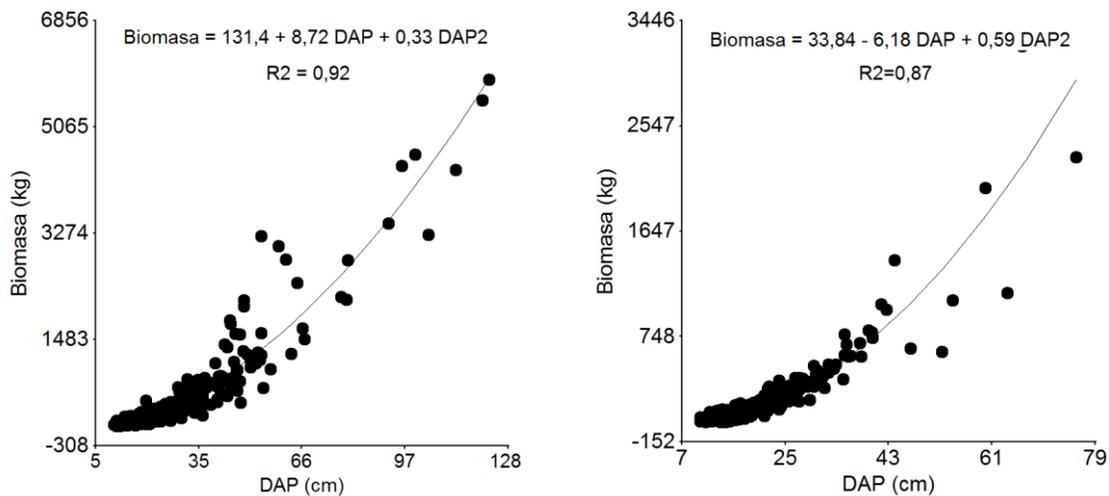


Figura 3. Modelos alométricos para determinar la cantidad de biomasa en los pisos altitudinales Piemontano a) y Montano bajo b) en Zamora Chinchipe.

Estrato arbustivo, herbáceo y necromasa. En el estrato arbustivo el piso altitudinal Montano registró aproximadamente dos veces más biomasa y Carbono almacenado que en Piemontano y Montano bajo. Respecto al estrato herbáceo, el piso Montano registró los mayores valores al igual que en la necromasa.

Carbono almacenado en el suelo y total. El carbono calculado a 5 cm y 20 cm de disminuyó desde el piso altitudinal Montano bajo, seguido de Pie montano y Montano (Tabla 3). Este mismo patrón se presentó para el carbono total en el suelo y el carbono total en todos los componentes. Este último calculado para todos los compartimentos de almacenamiento en los diferentes pisos altitudinales u ecosistemas forestales.

Tabla 3. Biomasa y carbono almacenado en los diferentes estratos y componentes de almacenamiento existentes dentro de tres pisos altitudinales, en Zamora Chinchipe.

Estrato – componentes de almacenamiento	Piso altitudinal	Biomasa (t/ha)	Carbono (t/ha)
Árboreo	Pie montano	199,4	99,7
	Montano bajo	43,7	21,8
	Montano	-	-
Arbustivo	Pie montano	38,4	19,2
	Montano bajo	33,9	16,9
	Montano	61,1	30,6
Herbáceo	Pie montano	1,0	0,5
	Montano bajo	1,7	0,8
	Montano	2,6	1,3
Necromasa	Pie montano	6,4	3,2

	Montano bajo	3,7	1,8
	Montano	14,1	7,0
Carbono suelo 5 cm	Pie montano		37,6
	Montano bajo		50,2
	Montano		43,1
Carbono suelo 20 cm	Pie montano		72,7
	Montano bajo		99,9
	Montano		97,9
Carbono total suelo	Pie montano		110,3
	Montano bajo		150,1
	Montano		141
Carbono total	Pie montano		232,9
	Montano bajo		241,6
	Montano		180

t: toneladas.

Discusión

En bosques tropicales se ha documentado que los biotipos arbóreos son los más importantes ecológicamente debido al mayor control de energía y la entrada y salida de nutrientes que estos asumen (Berry, Guariguata & Kattan, 2002). Bajo este concepto nos remitimos únicamente a analizar los resultados obtenidos sobre estos biotipos en relación a su composición y diversidad florística. Es así que las especies arbóreas registradas en los pisos Piemontano y Montano bajo con los mayores valores de importancia ecológica según el IVI también han sido registradas en otros contextos tropicales por lo que pueden ser consideradas como comunes para la región tropical (Alvarez-Loayza et al., 2011; Stevenson, Pineda & Samper, 2005). Aquí sobresale el registro nuevo para el Ecuador de la especie arbórea *Humiriastrum mapiriense*, registrada originalmente en Nangaritza por Neill (2007). Este investigador manifiesta que anteriormente solo se la había registrado en la región de Mapiri en Bolivia, en las vertientes orientales de los Andes.

La riqueza de especies arbóreas con mayores valores en el piso de menor altitud o Piemontano frente a Montano bajo (155 especies y 92 especies, respectivamente) son inferiores a los existentes en bosques amazónicos de tierras bajas, en el alto Napo (< 1000 msnm) con 220 especies (Jadan et al., 2015) y 330 especies en el Yasuní (Valencia et al., 1994). Así la diferencia en la riqueza de especies registrada en los dos pisos altitudinales indica patrones de distribución comunes a los registrados en gradientes altitudinales andinas tanto a nivel local (Homeier et al., 2010) y a escalas regionales (Girardin et al., 2014). Aquí la riqueza de especies disminuye conforme se incrementa la altitud.

La estructura representada por la densidad registrada en el estrato arbóreo en Piemontano (642 N/ha) presentó valores similares a los existentes en bosques de Tierras bajas (Jadan et al., 2015). Sin embargo, los valores de Montano bajo fueron inferiores (455 N/ha). Según la distribución de la densidad los valores disminuyeron desde el piso de menor elevación hasta el piso ubicado a mayor altitud. Estos resultados son consistentes con lo registrado en un estudio local dentro de un gradiente moderado de altitud, donde la menor cantidad de árboles están ubicados a mayor altitud (Homeier et al., 2010). No obstante difieren de los registrados a nivel regional en un gradiente ampliamente diferenciado, donde la densidad de árboles aumenta conforme se incrementa la altitud (Girardin et al., 2014).

El área basal del estrato arbóreo en Piemontano (38 m²/ha) presentó valores similares a los registrados en bosques de tierras bajas; no así los registrados en el piso Montano (22,6 m²/ha). Estos últimos valores son consistentes con los registrados en bosques primarios montanos de similares altitudes en Bolivia (Smith, Killeen, Dallmeier & Comiskey, 1998). La disminución en área basal conforme se incrementa la altitud fue similar con lo registrado en el Sur del Ecuador (Homeier et al., 2010) y en Mesoamérica – Costa Rica (Lieberman, Lieberman, Peralta & Hartshorn, 1996; Montgomery & Chazdon, 2001). Estos patrones han sido explicados como influencia de factores climáticos asociados a la altitud, los cuales están condicionando procesos eco-fisiológicos de las especies (Chazdon, Pearcy, Lee & Fetcher, 1996). A mayores altitudes los umbrales de temperatura disminuyen la actividad fotosintética de las plantas, es mayor la transpiración y disminuye la capacidad del almacenamiento e incremento en biomasa, que es medida a través del área basal (Báez et al., 2015).

El Carbono almacenado total en el piso altitudinal Pie montano (232, 9 t/ha) fue superior al registrado en la vertiente oriental de los Andes en altitudes similares 1050 msnm (153,57 t/ha) (Moser et al., 2011). No obstante, fue inferior al registrado en un bosque primario de tierras bajas en el alto Napo (334,2 t/ha) (Jadán et al., 2012). Métodos de cuantificación directos (aplicados en la presente investigación) o indirectos (selección de diferentes ecuaciones alométricas) posiblemente estarían influyendo sobre estas diferencias, adicionando la alta diversidad de micro hábitats existentes en las bio-regiones andinas y amazónicas.

La biomasa aérea registrada en el estrato arbóreo y sus mayores valores para el piso altitudinal *Pie montano* (Tabla 3) indica preliminarmente patrones de distribución espacial comunes a los registrados en gradientes amazónicas tanto en Perú, Ecuador y Bolivia (Girardin et al., 2014). Además, al mostrar similares patrones de distribución altitudinal tanto el área basal (calculada con base a los valores del DAP) y la biomasa aérea arbórea permite inferir una alta correlación entre el DAP y la biomasa. Esto confirmado con los altos coeficientes de determinación en las relaciones estas dos variables (Figura 3) lo cual es consistente con los resultados obtenidos en bosques tropicales de Mesoamérica (Fonseca et al., 2009). Aquí el DAP es considerado como uno de los parámetros dendrométricos más fácil de medir y que se ajusta altamente como variable independiente para determinar la biomasa aérea en árboles de bosques tropicales.

Mediante resultados descriptivos, las diferencias en la biomasa y carbono aéreo en el estrato arbóreo del piso altitudinal Piemontano fue mayor 4,5 veces al piso Montano bajo. Este resultado permite describir patrones de distribución negativos entre área basal – DAP y altitud, los cuales no son consistentes con los registrados en estudios realizados a nivel regional (Girardin et al., 2014). Bajo este nivel de estudio no se determinaron asociaciones significativas y negativas entre área basal con la altitud, por lo tanto, se dedujo que la distribución altitudinal de la biomasa aérea de los árboles es controlada por su altura, más no por su área basal.

Respecto al estrato arbustivo su aporte fue mayor en el piso altitudinal Montano, ubicado a mayor altitud. En este estrato y piso altitudinal se muestra los mayores valores de densidad. Esto coincide con lo registrado en bosques andinos en Azuay (Jadán-Maza et al., 2016) y dentro de las cordilleras amazónicas en Zamora Chinchipe (Jadán & Aguirre, 2011) en altitudes superiores a 2000 msnm donde se registraron mayores riqueza de especies leñosas arbustivas (< 10 cm DAP) las cuales también son mayormente abundantes, en comparación con especies de árboles de mayor tamaño (> 10 cm DAP). Así la composición florística y estructura de la vegetación arbustiva posiblemente estaría influyendo positivamente en las cantidades de biomasa registrada en este piso altitudinal.

Similares resultados se dan en el estrato herbáceo que presentan mayores valores de biomasa en el piso Montano. En este estrato sobresalen grupos vegetales, en donde algunas especies prefieren habitats con mayor humedad relativa para desarrollarse como son los Pteridophytes (helechos) (Salazar et al., 2015). También sobresalen algunas especies de la familia Araceae (Liliopsida) como especies herbáceas que registran los mayores valores del IVI, el cual indica una alta abundancia y frecuencia dentro del estrato. Por lo tanto, la composición de especies y abundancia estarían asociadas positivamente con la biomasa aérea en las hierbas.

La necromasa con valores superiores en biomasa y carbono para el piso Montano seguido de Montano bajo posiblemente estén explicando los superiores valores de carbono almacenado en el suelo. Esto ya que la necromasa (conocida también como hojarasca) se incorpora como materia orgánica al suelo y mediante los procesos y tasas de descomposición. Además la descomposición de la necromasa se incorporan macro, micro nutrientes y también carbono orgánico (Celentano et al., 2011). En sitios donde existe una alta defoliación provocada por la fenología de las especies o por factores ambientales como el viento, humedad y precipitación existe alta disponibilidad de hojarasca en el suelo (Bermúdez, Serrato & Díaz, 1998). Para la descomposición también intervienen factores biológicos como los micro-organismos del suelo (Brown, Doube & Edwards, 2004). Ante lo cual surgen muchas interrogantes sobre cuales, cómo y en que intensidad estos microorganismos se asocian con el carbono orgánico presente en los suelos. Esto debe ser investigado posteriormente bajo procesos de monitoreo continuos a mediano y largo plazo.

Conclusiones

La riqueza de especies arbóreas fue superior en las partes bajas del presente estudio donde se encuentra el piso altitudinal Piemontano. Aquí se registraron especies con un gran dosel, muchas de ellas consideradas de utilidad con fines especialmente maderables. También se registraron especies de importancia biogeográfica ubicadas exclusivamente en este sitio considerando el escenario nacional nivel nacional. Por lo tanto, ciertos sitios evaluados deberían ser considerados de exclusiva conservación para la diversidad forestal puesto que presentan especies de rangos de distribución restringidos.

Los resultados del carbono almacenado se relacionan directamente con la composición de especies mostrada en los biotipos arbóreos, arbustivos y herbáceos. Estos presentan variaciones estructurales mostradas en los diferentes valores tanto de área basal y densidad, en los diferentes pisos altitudinales. También se relaciona con las condiciones de micro-hábitat existente en cada piso altitudinal; así y ante las mayores existencias entre carbono y riqueza de especies arbóreas en los pisos de menor altitud es pertinente inferir que los stocks de carbono se asocian positivamente con la diversidad o riqueza de especies forestales.

De igual manera los mayores valores en carbono en estratos arbustivos y herbáceos en el piso Montano se relacionan con los mayores valores de abundancia en estos biotipos. Por lo tanto, también se puede inferir que los stocks de carbono están influenciados por la estructura de la vegetación.

Bibliografía

- Achard, F., Eva, H. D., Stibig, H.-J., Mayaux, P., Gallego, J., Richards, T., & Malingreau, J.-P. (2002). Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, 297 (5583), 999-1002.
- Alvarez-Loayza, P., White Jr, J. F., Torres, M. S., Balslev, H., Kristiansen, T., Svenning, J.-C., & Gil, N. (2011). Light converts endosymbiotic fungus to pathogen, influencing seedling survival and niche-space filling of a common tropical tree, *Iriartea deltoidea*. *PloS one*, 6 (1), e16386.
- Asner, G. P., Powell, G. V., Mascaró, J., Knapp, D. E., Clark, J. K., Jacobson, J., . . . Victoria, E. (2010). High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (38), 16738-16742.
- Báez, S., Malizia, A., Carilla, J., Blundo, C., Aguilar, M., Aguirre, N., . . . Duque, Á. (2015). Large-scale patterns of turnover and basal area change in Andean forests. *PloS one*, 10 (5), e0126594.

- Bermúdez, F. L., Serrato, F. B., & Díaz, M. A. R. (1998). Producción de hojarasca en especies de matorral mediterráneo y su relación con algunos factores ambientales. *Nimbus: Revista de climatología, meteorología y paisaje*(1), 5-16.
- Berry, P. E., Guariguata, M., & Kattan, G. (2002). Diversidad y endemismo en los bosques neotropicales de bajura. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*(1), 83-96.
- Brown, G. G., Doube, B. M., & Edwards, C. (2004). Functional interactions between earthworms, microorganisms, organic matter, and plants. *Earthworm ecology*, 213-239.
- Brown, S., Gillespie, A. J., & Lugo, A. E. (1989). Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest science*, 35 (4), 881-902.
- Cartuche-Toledo, N. (2016). *Identificación de tipos de bosques y análisis de riqueza, diversidad y productividad en la provincia de Zamora Chinchipe*. (Master en Agroecología y Ambiente), Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Celentano, D., Zahawi, R. A., Finegan, B., Casanoves, F., Ostertag, R., Cole, R. J., & Holl, K. D. (2011). Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarasca. *Revista de Biología Tropical*, 59 (3), 1323-1336.
- Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the prairie- forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32 (3), 476-496.
- Chacón, P., Leblanc, H., & Russo, R. (2007). Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. *Tierra Tropical*, 3 (1), 1-11.
- Chazdon, R. L., Pearcy, R. W., Lee, D. W., & Fetcher, N. (1996). Photosynthetic responses of tropical forest plants to contrasting light environments *Tropical forest plant ecophysiology* (pp. 5-55): Springer.
- Dislich, C., Günter, S., Homeier, J., Schröder, B., & Huth, A. (2009). Simulating forest dynamics of a tropical montane forest in South Ecuador. *Erdkunde*, 347-364.
- Espinosa, C. I., Cabrera, O., Luzuriaga, A. L., & Escudero, A. (2011). What factors affect diversity and species composition of endangered Tumbesian dry forests in Southern Ecuador? *Biotropica*, 43 (1), 15-22.
- Fonseca, W., Alice, F., & Rey, J. M. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque (Valdivia)*, 30 (1), 36-47.
- Gentry, A. H. (1988). Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 85 (1), 156-159.
- Girardin, C. A., Farfan-Rios, W., Garcia, K., Feeley, K. J., Jørgensen, P. M., Murakami, A. A., . . . Fuentes Claros, A. F. (2014). Spatial patterns of above-ground structure, biomass and composition in a network of six Andean elevation transects. *Plant Ecology & Diversity*, 7 (1-2), 161-171.
- Homeier, J., Breckle, S. W., Günter, S., Rollenbeck, R. T., & Leuschner, C. (2010). Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical

- gradients in a species- rich Ecuadorian montane rain forest. *Biotropica*, 42 (2), 140-148.
- Jadán-Maza, O., Cedillo, H., Peralta, A., Zea, P., Toledo, P., Tepán, B., & Vaca, C. (2016). Preliminary assessment of floristic composition and uses of vegetation in secondary forests, Azuay province. *Bosques Latitud Cero*, 6 (2), 32-43.
- Jadán, O., & Aguirre, Z. (2011). Flora de los Tepuyes de la Cuenca Alta del Río Nangaritza, Cordillera del Cóndor. *Evaluación Ecológica Rápida de la biodiversidad de los Tepuyes de la Cuenca Alta del Río Nangaritza, Cordillera del Cóndor, Ecuador. Quito: Conservación Internacional*, 41-48.
- Jadan, O., Cifuentes, M., Torres, B., Selesi, D., Veintimilla, D., & Guenter, S. (2015). Influence of tree cover on diversity, carbon sequestration and productivity of cocoa systems in the Ecuadorian Amazon. *Bois Et Forets Des Tropiques*(325), 35-47.
- Jadán, O., Torres, B., & Günter, S. (2012). Influencia del uso de la tierra sobre almacenamiento de carbono en sistemas productivos y bosque primario en Napo, Reserva de Biosfera Sumaco, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 1 (3), 173-184.
- Jorgensen, P. M., & Leon-Yanez, S. (1999). *Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador* (Vol. 75): Missouri Botanical Garden.
- Lieberman, D., Lieberman, M., Peralta, R., & Hartshorn, G. S. (1996). Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *Journal of Ecology*, 137-152.
- MAE. (2013). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente del Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Montgomery, R. A., & Chazdon, R. L. (2001). Forest structure, canopy architecture, and light transmittance in tropical wet forests. *Ecology*, 82 (10), 2707-2718.
- Moser, G., Leuschner, C., Hertel, D., Graefe, S., Soethe, N., & Iost, S. (2011). Elevation effects on the carbon budget of tropical mountain forests (S Ecuador): the role of the belowground compartment. *Global Change Biology*, 17 (6), 2211-2226.
- Neill, D. A. (2007). Inventario botánico de la región de la Cordillera el Cóndor, Ecuador y Perú: actividades y resultados científicos del proyecto, 2004-2007.
- Prodan, M. (1997). *Mensura forestal*: Agroamerica.
- Salazar, L., Homeier, J., Kessler, M., Abrahamczyk, S., Lehnert, M., Krömer, T., & Kluge, J. (2015). Diversity patterns of ferns along elevational gradients in Andean tropical forests. *Plant Ecology & Diversity*, 8 (1), 13-24.
- Sanchez, M. (2015). Ecuador: Revisión a las principales características del recurso forestal y de la deforestación. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3 (1), 41-54.
- Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental* (Ecociencia Ed. Vol. 1). Quito, Ecuador: Proyecto Inefan/Gef-Birf y Ecociencia.

- Smith, D. N., Killeen, T. J., Dallmeier, F., & Comiskey, J. (1998). A comparison of the structure and composition of montane and lowland tropical forest in the Serranía Pilón Lajas, Beni, Bolivia. *Man and the Biosphere Series*, 21, 681-700.
- Stevenson, P., Pineda, M., & Samper, T. (2005). Influence of seed size on dispersal patterns of woolly monkeys (*Lagothrix lagothricha*) at Tinigua Park, Colombia. *Oikos*, 110 (3), 435-440.
- Sullivan, M. J., Talbot, J., Lewis, S. L., Phillips, O., Qie, L., Begne, S., . . . Lopez-Gonzalez, G. (2016). Diversity and carbon storage across the tropical forest biome. *Scientific Reports*.
- Tanabe, K., & Wagner, F. (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. *Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, Japan. Available at: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.htm>*.
- Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., Espinosa, C. I., Leuschner, C., & de la Cruz, M. (2015). Deforestation and forest fragmentation in South Ecuador since the 1970s—losing a hotspot of biodiversity. *PloS one*, 10 (9), e0133701.
- Valencia, R., Balslev, H., & Miño, G. P. Y. (1994). High tree alpha-diversity in Amazonian Ecuador. *Biodiversity & Conservation*, 3 (1), 21-28.
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37 (1), 29-38.

Riqueza y diversidad vegetal en un bosque siempreverde piemontano en los Andes del sur del Ecuador**Richness and Vegetation diversity in a submontane evergreen forest in the Andes of southern Ecuador**

Jiménez Leticia^{1*}, Gusmán Johana¹, Capa-Mora Daniel¹ Quichimbo Pablo¹²³ Mezquida Eduardo T.⁴, Benito Marta⁵, Rubio Agustín⁶

1 Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.

2 Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca, Campus Yanuncay. Cuenca, Ecuador.

3 Institute of Landscape Ecology, WWU – University of Muenster, Germany

4 Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.

5 Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.

6 Departamento de Sistemas y Recursos Naturales, Universidad Politécnica de Madrid. España

* Autor para correspondencia: lsjimenez@utpl.edu.ec; jpgusman@utpl.edu.ec; edcapa@utpl.edu.ec

Recibido 07 de abril del 2017

Aceptado: 21 de junio del 2017

Resumen

Se detalla la riqueza y la diversidad de las especies florísticas en una hectárea de bosque siempreverde piemontano en la provincia de Zamora Chinchipe. La riqueza y diversidad evaluada en este tipo de bosque aportarán al conocimiento de estos ecosistemas tropicales que están siendo fuertemente alterados. Se identificó las especies arbóreas mayores a 2 cm de diámetro en parcelas de 10 x 10 m, y las especies herbáceas en parcelas de 2 x 2 m. Se muestreó un total de 1412 individuos de los cuales el estrato arbóreo fue el predominante con 35 familias y 97 especies, en cambio para el estrato herbáceo se identificaron 16 familias y 27 especies. Las principales familias identificadas para (1) el estrato arbóreo fueron Rubiaceae, Melastomataceae y Moraceae y para (2) el estrato herbáceo fueron Araceae, Dryopteridaceae y Marattiaceae. La riqueza y la diversidad de las especies arbóreas y herbáceas, en el área de estudio, fueron relativamente altas para ambos estratos. Esa riqueza y diversidad podría darse

probablemente por la variación a nivel de micrositio de las características edáficas y topográficas, para lo cual se requiere profundizar en la investigación.

Palabras clave: riqueza de especies, índice de diversidad, bosque tropical

Abstract

It details the richness and diversity of the floristic species in one hectare of submontane evergreen forest in the province of Zamora Chinchipe. The richness and diversity evaluated in this type of forest will contribute to the knowledge of these tropical ecosystems that are being strongly altered. Tree species greater than 2 cm in diameter were identified in plots of 10 x 10 m and herbaceous species in plots of 2 x 2 m. A total of 1412 individuals were sampled, of which the arboreal stratum was predominant with 35 families and 97 species, whereas for the herbaceous stratum 16 families and 27 species were identified. The main families identified for (1) the tree stratum were Rubiaceae, Melastomataceae and Moraceae and for (2) the herbaceous stratum were Araceae, Dryopteridaceae and Marattiaceae. The richness and diversity of arboreal and herbaceous species in the study area were relatively high for both strata. This richness and diversity could probably be due to the variation at the microsite level of the edaphic and topographic characteristics, for which further research is required.

Key Words: species richness, diversity index, tropical forest

Introducción

Espacialmente los bosques tropicales se sitúan en la zona ecuatorial, en las que existe estabilidad climática, menor estacionalidad, altas temperaturas y pluviosidad, éstas características han permitido que en estos bosques el número de especies vegetales sea mayor (Gentry, 1986); según menciona Leigh (1975) común encontrar sobre los árboles diferentes especies de orquídeas, bromelias, helechos y musgos, así como arbustos y hemiepífitas, siendo las palmas un importante componente de estos tipos de bosques (Pitman et al., 2001). En los bosques tropicales la vegetación dominante pertenece al estrato arbóreo arbóreo, esto debido a que los árboles superiores impiden que la mayor parte de la luz solar alcance el suelo, lo que hace difícil el crecimiento de especies de menor tamaño (Schroth & Sinclair, 2003). Varios estudios señalan que de hecho los bosques de la Amazonia alta pueden ser los más ricos en especies arbóreas del mundo (Gentry, 1988; Myers et al., 2000). Un estudio reportado para la Amazonia de Ecuador,

a 260 msnm señala que en 1 ha se encontraron 473 especies de árboles pertenecientes a 54 familias que incluye 187 géneros (Valencia et al., 1994); en cambio en Colombia en 95 parcelas de 0,1 ha se encontraron 60 familias, 271 géneros sobre las 1077 especies arbóreas Duivenvoorden & Lips (1995). Ésta diversidad de los bosques tropicales es alta debido a características como el relieve, clima y factores edáficos que al interactuar con los organismos bióticos crean diferentes hábitats (Gentry & Emmons, 1987).

En Ecuador los bosques tropicales de montaña presentan un gran número de microclimas, lo que genera una variada diversidad biológica, sin embargo, esta se puede ver afectada debido a factores antrópicos, ya que la compleja topografía de estos ecosistemas, podría ayudar al desequilibrio ecológico provocado por factores humanos y naturales (Aguirre, 2004).

En la actualidad la información acerca del incremento de especies reportadas es muy alta y aún así se considera que deben existir miles de especies no estudiadas e información todavía no disponible (Turner, 2001).

Considerando que la diversidad de los bosques ecuatorianos está siendo amenazada, por las constantes talas y avance de la frontera agrícola, lo que a la vez causa una alta pérdida de diversidad de especies; es importante generar información sólida y ordenada, con registros de riqueza y diversidad de las especies vegetales, los cuales podrán ser utilizados como indicadores ecológicos y a la vez apoyar a la conservación de estos bosques (Gentry, 1992).

Materiales y métodos

Área de estudio

El trabajo se desarrolló en la provincia de Zamora Chinchipe, en el sector Mutinza, ubicado entre las coordenadas UTM: 9582285,7787 N y 752868,334 E (Figura 1), está comprendida en un rango altitudinal entre 889 y 946 msnm. La cobertura vegetal del área de estudio presenta características de un bosque siempreverde piemontano con especies como *Iriartea deltoidea*, *Grias peruviana*, *Piper cuspidispicum* (Ministerio del Ambiente, 2012). La precipitación media anual es de 2100 mm y la temperatura promedio de 25°C (Maldonado, 2002). Los suelos se han edificado a partir de materiales del paleozoico por la presencia de rocas ígneas jurásicas, de rocas sedimentarias cretácicas de edad mesozoica y de una gama de depósitos superficiales del Cuaternario. En la región que incluye la zona de estudio los suelos dominantes son Fluventic

Topaquepts (Instituto Ecuatoriano de Minería DGGM, 1986). En lo que se refiere a las propiedades físicas y químicas del suelo se estima que los suelos son ácidos con un pH entre 4,5 – 6,0, el contenido de materia orgánica varía entre 4% y 7% además estos suelos son de textura arcillosa a franco arcillosa, con densidad aparente para el horizonte superficial de 0,7 a 1 g/cc (Jiménez et al., 2007).

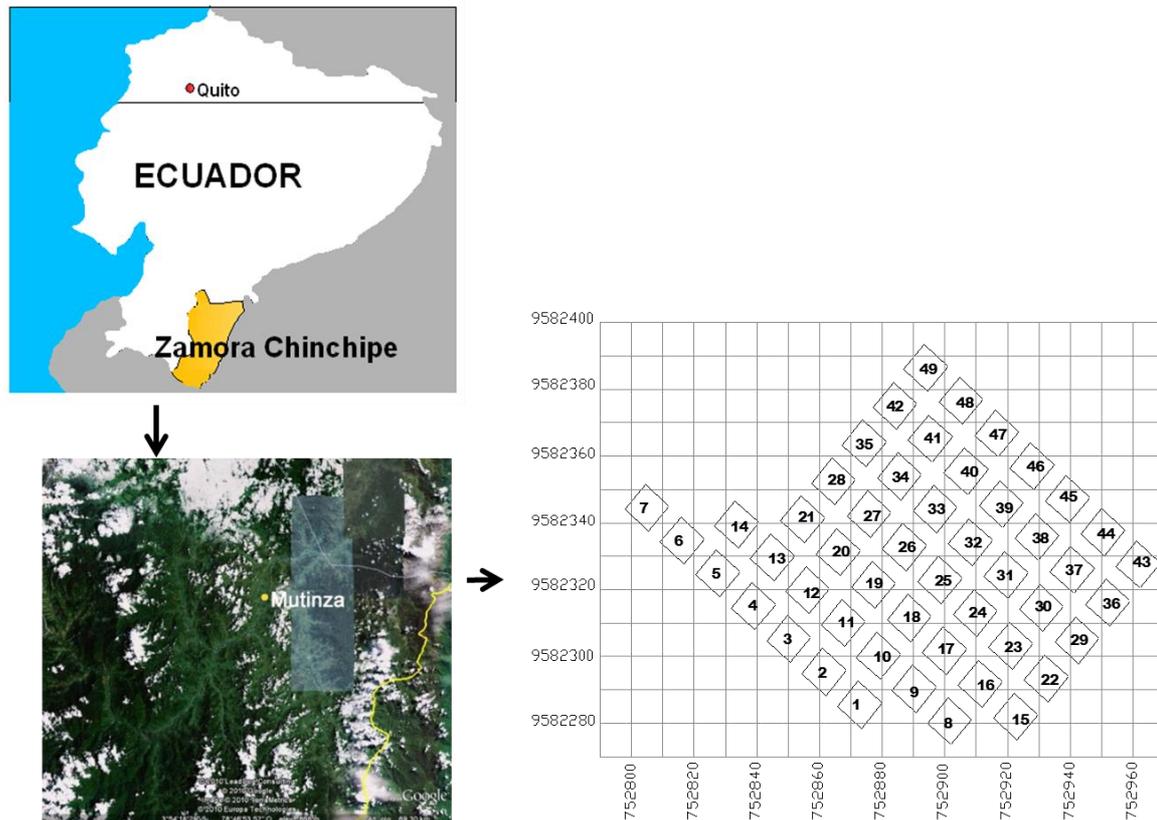


Figura 1. Ubicación y disposición de las parcelas en el área de estudio

Muestreo vegetal

Se delimitó 1 ha en el bosque siempreverde piemontano debido a que parcelas de este tamaño son utilizadas para determinar la diversidad alfa en un bosque tropical lluvioso (Poulsen et al., 2006) y se establecieron 49 parcelas de 10 x 10 m, con una separación entre ellas de aproximadamente 5 m (Figura 1). En cada parcela se realizó el inventario florístico de todas las especies con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 2 cm que incluyó: árboles, arbolillos y arbustos. Para las especies herbáceas se utilizó una parcela de 2 x 2 m, ubicada dentro de la parcela de 10 x 10 m en la que se registró la abundancia. Todas las especies fueron colectadas e identificadas en el herbario de la Universidad Particular de Loja y en el Herbario de la Universidad Nacional de Loja.

Análisis de datos

La riqueza de las especies se determinó con el conteo de los individuos de cada especie presente en cada parcela de estudio.

La diversidad florística se determinó, para cada parcela, con el índice de Shannon–Wiener.

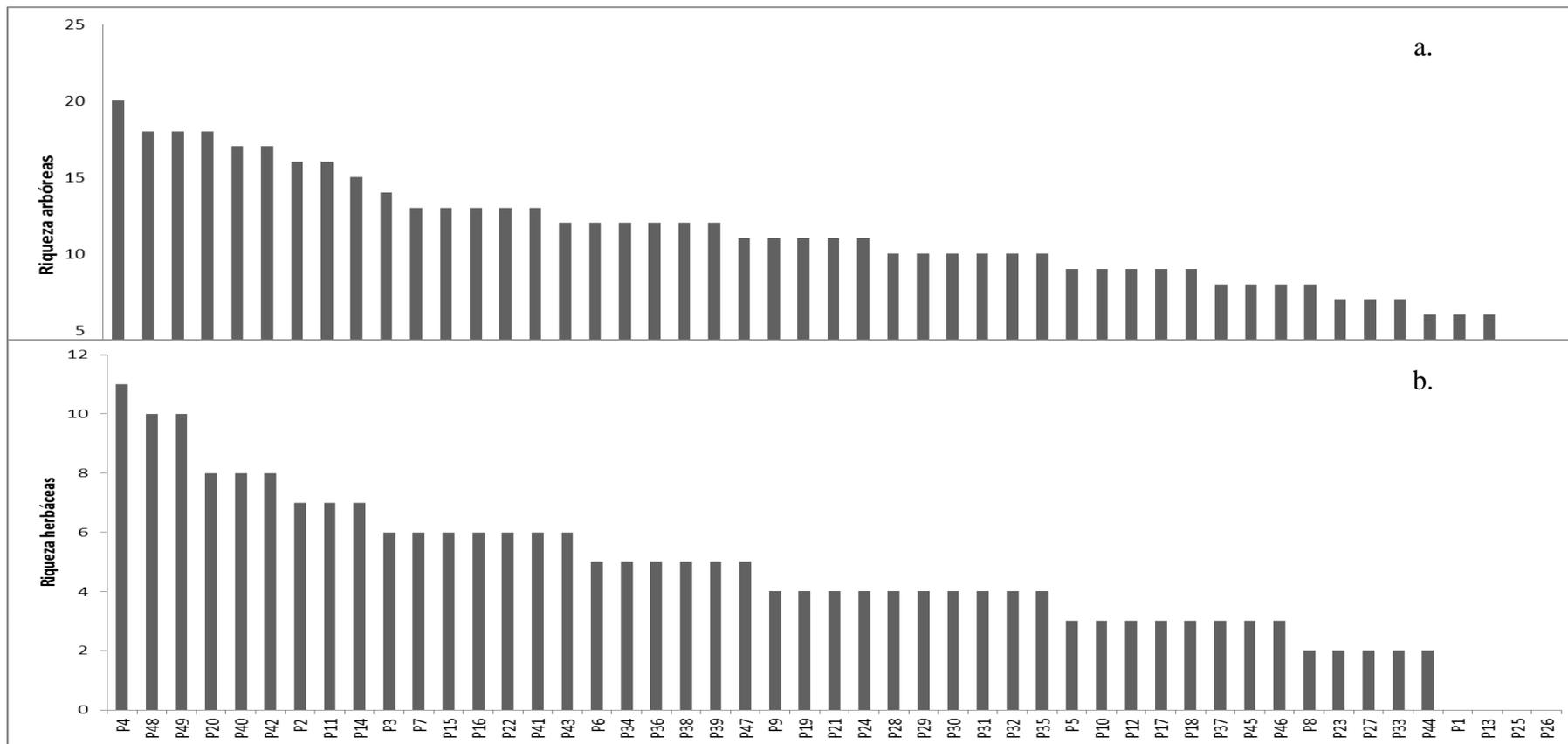
Resultados

En las 49 parcelas se cuantificó un total de 1412 individuos, de los cuales 1091 correspondieron al estrato arbóreo, que incluyeron a 35 familias, 68 géneros y 97 especies. En el caso de las especies herbáceas, se cuantificaron 321 individuos para el total de las parcelas, que fueron catalogados en 16 familias, 23 géneros y 27 especies. Se estimó una riqueza entre 4–19 especies arbóreas por parcela (100 m² cada parcela). Las familias de especies arbóreas más abundantes fueron: Rubiaceae (22 especies), Melastomataceae (11 especies), Moraceae (9 especies), Lauraceae (7 especies) Euphorbiaceae (6 especies).

En este estudio se encontró que las familias con especies no arbóreas más diversas fueron: Araceae (con 4 especies), Dryopteridaceae (3 especies), Marattiaceae (3 especies) y Pteridaceae (3 especies). En cambio los géneros de especies herbáceas más diversos fueron *Danaea* (9 especies), *Adiantum* (2 especies) y *Diplazium* (2 especies).

En la figura 2a se observa que las parcelas con mayor número especies corresponde a las parcelas 2, 16, 20 49, mientras que las de menor número de especies son las parcelas 10, 26 y 42, y un dato importante a recalcar es que la parcela 46 no presentó ninguna especie arbórea.

Por otra parte, la figura 2b indica que la mayor presencia de especies herbáceas está en las parcelas 4, 48, 49, y las de menor número son las parcelas 8, 23, 27, 33 y 44, y con cero especies las parcelas 1, 13, 25 y 26.



En la figura 3 se puede observar la abundancia de familias, siendo la *Arecaceae* y *Lecythidaceae* las que presentan mayor número de individuos, con 1 y 2 especies respectivamente.

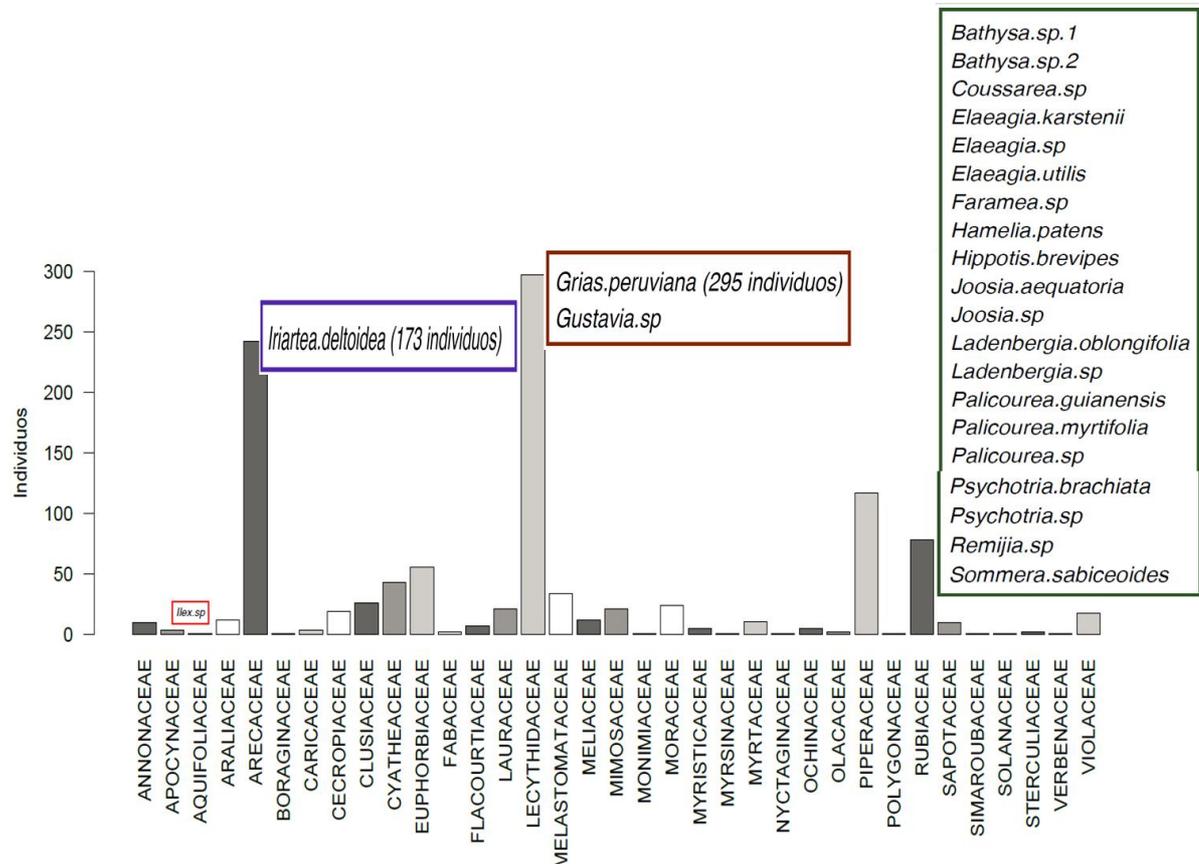


Figura 3. Abundancia por familias arbóreas

Las familias de herbáceas que presentaron un mayor número de individuos fueron *Araceae* con 55 individuos y *Lomariopsidaceae* con 53 individuos (Figura 4); estas familias son las dos más representativas de nuestro muestreo. Las familias *Bignoniaceae*, *Dioscoreaceae*, *Mendoniaceae* fueron las de menor presencia, con sólo un individuo en las 49 parcelas de estudio.

Para el componente herbáceo la especie que tuvo el mayor porcentaje de representatividad en la comunidad vegetal con 53 individuos fue *Bolbitis lindigii*, con un 16,51 % del total de individuos herbáceos y la especie menos abundante fue *Caladium* sp con 4 individuos.

En lo que se refiere al índice de Shannon-Wiener, los resultados nos indican una valores de 3,4 para las especies arbóreas y 2,75 para las especies herbáceas.

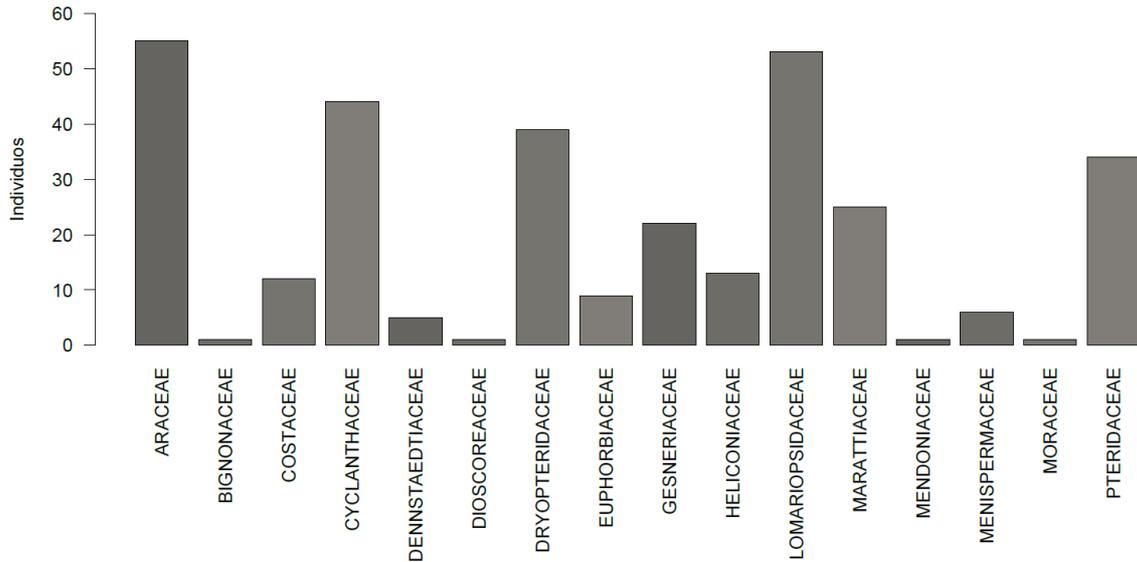


Figura 4. Abundancia de familias de herbáceas

Discusión

El número de familias, géneros y especies de árboles presentes en el área de estudio son muy similares a los reportados en una hectárea de bosque húmedo premontano tropical en Perú, encontrando 37 familias, 67 géneros y 102 especies, por otra parte, si lo comparamos con un estudio realizado por Yaguana et al. (2012) y Marcelo-Peña & Reynel (2014), el número de familias, géneros y especies resultan relativamente bajos, debido a que Ellos reportaron más de 170 especies para una superficie similar. Es conocido que el número de especies es dependiente del tamaño de las parcelas (Gentry, 1992), los resultados de este trabajo son similares en riqueza específica a los reportados por Rocha-Loredo et al. (2010) en parcelas de 1000 m² en un bosque tropical caducifolio, donde el número de especies varió entre 13 y 18. Un valor mucho más alto hallaron Duivenvoorden y Lips (1995) en Colombia, con parcelas de 1000 m², cuyos rangos de riqueza oscilaron entre 4 y 57 especies arbóreas. En nuestro estudio la parcela 2 presentó mayor número de especies (19) y la parcela 42 el menor número de especies (3) (Figura 2a), esto podría darse por varias razones como la topografía, propiedades edáficas, las características estructurales de la vegetación, competencia por luz (Costa, 2005; John et al., 2007; Jiménez et al., 2016).

Los bosques tropicales son también ricos en especies no arbóreas (Gentry, 1992), como las herbáceas. Una diversidad mucho mayor encontró Poulsen (1996) en Brunei (Asia), reportando 92 especies de herbáceas en una superficie de una hectárea. El mismo autor, en el año 2006 en un bosque tropical lluvioso en la Amazonía

ecuatoriana (Cuyabeno) en 1 ha encontró, 29 especies de Pteridofitas, 70 especies de herbáceas y 24 especies de palmas. El rango de riqueza de especies de herbáceas por parcela fue de 2 a 11 especies (Figura 2b).

En otros estudios locales se observó un patrón similar en abundancia, así lo indican Aguirre et al. (2003) en Zamora Chinchipe, siendo las familias Moraceae y Rubiaceae las más diversas, en la misma línea Quizhpe et al. (2016) manifiesta que además de las familias mencionadas por Aguirre et al. (2003), también están entre las más diversas las familias Euphorbiaceae, Lauraceae, Meliaceae y Fabaceae, En este estudio los géneros con mayor número de especies fueron: *Miconia* (6 especies), *Piper* (5 especies), *Nectandra* (4 especies), *Palicourea* (4 especies). Datos diferentes encontraron Marcelo-Peña y Reynel (2014) en un bosque húmedo premontano tropical en Perú, donde los géneros más diversos fueron *Ficus* (10), *Ocotea* (8), *Miconia* (6) e *Inga* (4). Esta diferencia posiblemente se deba a características singulares de cada sitio de estudio, debido a que la vegetación de los bosques tropicales es muy diversa incluso a escalas de 0,1 ha o aún menores (Gentry, 1992).

La familia Lecytidaceae fue la que presentó un mayor número de individuos, 297 individuos correspondientes a dos especies arbóreas, seguida de la familia Arecaceae con 242 individuos y Piperaceae con 117 individuos; estas tres familias son las más representativas de nuestro muestreo y constituyen el 60,12 % del total de individuos (Figura 3). Esto es muy similar a lo comentado por Lü et al. (2010) quien reportó que Lecythydaceae tuvo 104 individuos y estuvo representado por una sola especie, siendo la familia más abundante en una hectárea de bosque tropical. En cambio, en el estudio realizado por Marcelo-Peña y Reynel (2014), las cinco familias más abundantes representaron el 73,4 % del total de individuos. Las familias Aquifoliaceae, Boraginaceae, Melastomataceae, Monimiaceae, Myrsinaceae, Nyctaginaceae, Polygonaceae, Simaroubaceae, Solanaceae, Verbenaceae, fueron las de menor presencia en este estudio, con un único individuo encontrado en las 49 parcelas muestreadas.

A nivel específico, las especies de arbóreas más abundantes en las 49 parcelas fueron *Grias peruviana*, con 295 individuos, e *Iriartea deltoidea*, con 173 individuos. Estas dos especies constituyeron el 43 % del total de los individuos arbóreas, lo que coincide con otros trabajos desarrollados en este tipo de ecosistemas. Por ejemplo, Pitman et al. (2001) encontraron que *Iriartea* fue la especie más abundante y estuvo presente en el 73

% de las parcelas de Ecuador y el 56 % de las de Perú, un porcentaje mayor fue encontrado en las parcelas de esta investigación, con un 92 %. En el caso de un estudio realizado por Valencia (1994) encontró que las especies arbóreas encontradas en una hectárea en la amazonia del Ecuador estaban conformadas por *Warscewiczia coccinea*, *Mabea maynensis*, *Matisia ochrocalyx*, *Pseudolmedia laevigata* y *Miconia affinis*, Al contrario, las especies menos abundantes de esta exploración fueron *Aegiphila* sp y *Axinaea* sp, con un solo individuo.

El número de 27 especies herbáceas identificadas en el área de estudio no resulta un valor excepcional en este tipo de ecosistemas si lo comparamos con otros trabajos realizados en ecosistemas similares (Gentry, 1988). Así, en áreas de mayor tamaño a la nuestra, en 100 km², se han identificado 26 familias y 87 especies herbáceas (Costa et al., 2005).

Generalmente, los valores para este índice oscilan entre 1,5 y 3,5, que se puede considerar como una alta diversidad, esto concuerda con lo indicado por Magurran (2004), que pocas veces se encuentra valores superiores a 4; aunque en zonas similares se han encontrado valores ligeramente más elevados a los de este estudio, como es el caso de lo reportado por Lü et al. (2010) y Naidu & Kumar (2016), que encontraron en bosques tropicales (1 ha) índices promedios de 3,82 y 3,87, respectivamente. En esa línea una investigación realizada por Palacios et al., (2016) en un bosque siempreverde montano bajo en Zamora Chinchipe encontraron valores de 4,25 para el estrato arbóreo, lo que indicaría que ese bosque no ha sido intervenido en aproximadamente 25 años.

Conclusiones

La riqueza y diversidad local de especies, arbóreas y herbáceas fue relativamente alta para ambos estratos, encontrando ciertas similitudes pero también diferencias florísticas al compararlo con otros estudios. Se cuantificaron un total de 1412 individuos de especies arbóreas pertenecientes a 35 familias, 68 géneros y 97 especies. Los 321 individuos de herbáceas encontrados en las parcelas correspondieron a 16 familias, 23 géneros y 27 especies. Las familias Rubiaceae, Melastomataceae y Moraceae fueron las que mayor número de especies arbóreas presentaron; y Araceae, Dryopteridaceae y Marattiaceae fueron las familias con mayor número de especies herbáceas.

El 50 % del total de individuos estuvo distribuido en tres familias arbóreas, Lecytidaceae, Arecaceae y Piperaceae, de las cuales *Grias peruviana*, *Iriartea*

deltoidea, *Piper cuspidispicum* y *Prestoea acuminata* fueron especies importantes para este tipo de bosque por el número total de individuos encontrados en la hectárea de estudio; las familias de herbáceas más representativas fueron Bignoniaceae, Dioscoreaceae y Mendoniaceae. Las familias, géneros y especies encontradas, posiblemente tengan un gran potencial ecológico, medicinal y/o económico, de ahí parte uno de los varios motivos para conservar estos bosques que están siendo seriamente amenazados. Esa riqueza y diversidad podría darse probablemente por la variación a nivel de micrositio de las características edáficas y topográficas, para lo cual se requiere profundizar en la investigación.

Bibliografía

- Aguirre, Z., Cabrera, O., Sánchez, A., Merino, B., & Maza, B. (2003). Composición florística, endemismo y etnobotánica de la vegetación del Sector Oriental, parte baja del Parque Nacional Podocarpus. *Lyonia*, 3(1): 5-14.
- Aguirre, Z. (2004). La diversidad de la región amazónica del Ecuador. En Aguirre, Z; Maldonado, N. Ecosistema, Biodiversidad, Etnias, Y Cultura De La Región Amazónica Ecuatoriana Universidad Nacional De Loja-Promsa, Loja, Ecuador.
- Costa, F.R.C., Magnusson, W.E., Luizao, R. C. (2005). Mesoscale distribution patterns of Amazonian understory herbs in relation to topography, soil and watersheds. *Journal of Ecology*, 93: 863-878.
- Duivenvoorden, J.F., & Lips, J.M. (1995). A land-ecological study of soils, vegetation, and plant diversity in Colombian Amazonia. The Tropenbos Foundation. The Netherlands. Wageningen.
- Gentry, A.H. (1986). Patterns of neotropical plant species diversity. In Hecht, M., Wallace, B., Prance, G. (Eds.). *Evolutionary Biology*. Springer.
- Gentry, A.H., & Emmons, L.H. (1987). Geographical variation in fertility, phenology, and composition of the understory of neotropical forest. *Biotropica* 19, 216-227.
- Gentry, A. (1988). *Annals of the Missouri Botanical Garden*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1:75, 1-34.
- Gentry, A.H. (1992). Tropical forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. *Oikos*, 63, 19-28. doi: 10.2307/3545512
- Instituto Ecuatoriano de Minería. (1986). Compilado del IGM. Paquisha, escala 1:100000, hoja 76.

- Jiménez, L.S., Mezquida, E.T., Benito, M., & Rubio, A. (2007). Cambio en las propiedades del suelo por transformación de áreas boscosas en pastizales en Zamora-Chinchipe (Ecuador). *Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 22, 65-70.
- Jiménez, L.S., Capa-Mora, D., Quichimbo, P., Mezquida, E.T., Benito, M., & Rubio, A. (2016). Influencia de las características ambientales en la composición florística de un bosque siempreverde piemontano. *Bosques Latitud Cero*. 6(2): 1-16.
- John, R., Dalling, J.W., Harms, K.E., Yavitt, J.V., Stallard, R.F., Mirabello, M., Hubbell, S.P., Valencia, R., Navarrete, H., Vallejo, M., & Foster, R.B. (2007). Soil nutrients influence spatial distributions of tropical trees species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 104 (3): 864-869.
- Leigh Jr, E.G. (1975). Structure and climate in tropical rain forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 6: 67-86.
- Lü, X.T., Yin, J.X, & Tand, J.W. (2010). Structure, tree species diversity and composition of tropical seasonal rainforest in Xishuangbanna, South-West China. *Journal of Tropical Forest Science*, 22(3): 260-270.
- Magurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. Oxford: Blackwell Publishing
- Maldonado, N. (2002). *Clima y Vegetación de la Región Sur del Ecuador*. In Aguirre, Z., Madsen, J., Cotton, E., Balslev, H. (Eds.). Botánica Austroecuatorialiana: Estudios sobre los Recursos Vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. Ediciones Abya Yala, Quito. Ecuador.
- Marcelo-Peña, J., & Reynel, C. (2014). Patrones de diversidad y composición florística de parcelas de evaluación permanente en la selva central de Perú. *Rodriguésia*, 65(1): 035-047.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca G.A.B & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(25): 853-858.
- Naidu, M.T., & Kumar, O.A. (2016). Tree diversity, stand structure, and community composition of tropical forest in Eastern Ghats of Andhra Pradesh, India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 9: 328-334.

- Palacios, B., Aguirre, Z., Lozano, D., & Yaguana, C. 2016. Riqueza, estructura y diversidad arbórea del bosque montano bajo, Zamora Chinchipe – Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 6(2): 104 – 117.
- Pitman, N.C.A., Terborgh, J., Silman, M.R., Nuñez, P., Neill, D.A., Cerón, C.E., Palacios, A., & Aulestia, M. (2001). Dominance and distribution of tree species in upper amazonian terra firme forest. *Ecology*, 8(82), 2101 -2117. doi: 10.1890/0012-9658(2001)082[2101:DADOTS]2.0.CO;2
- Poulsen, A.D. (1996). Species richness and density of ground herbs within a plot of lowland rainforest in north-west Borneo. *Journal of Tropical Ecology*. 12: 177-190-
- Poulsen, A.D., Tuomisito, H., & Balslev, H. (2006). Edaphic and floristic variation within a 1-ha plot of lowland Amazonian rain forest. *Biotropica*, 38, 468-478.
- Quizhpe, W., Aguirre, Z., & Aguirre, N. (2016). Red de parcelas permanentes en el sur del Ecuador, herramienta para el monitoreo de la dinámica de la flora y vegetación. *Bosques Latitud Cero* 6(2): 1-13.
- Rocha-Loredo, A.G., Ramírez-Marcial, N., & González-Espinosa, M. (2010). Riqueza y diversidad de árboles del bosque tropical caducifolio en la depresión de Chiapas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 87, 89-103.
- Schroth, G., & Sinclair, F.L. (2003). Impacts of trees on the fertility of agricultural soils in trees, crops and soil fertility: concept and research methods. CABI publishing, USA.
- Turner, I.M. (2001). The ecology of trees in the tropical rain forest. Cambridge University. New York.
- Valencia, R., Balslev, H., Paz & Miño, G. (1994). High tree alpha-diversity in Amazonian Ecuador. *Biodiversity and Conservation* 3, 21-28.
- Yaguana, C., Lozano, D., Neill, D., & Asanza, H. (2012). Diversidad florística y estructura del bosque nublado del Río Numbala, Zamora-Chinchipe, Ecuador: El “bosque gigante” de Podocarpaceae adyacente al Parque Nacional Podocarpus. *Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología* 1(3): 226-247.

Unidades de paisaje y comunidades vegetales en el área de Inkapirca, Saraguro – Loja, Ecuador

Landscape units and vegetable communities in the area of Inkapirca, Saraguro - Loja, Ecuador

Wilson Quizhpe¹, Darío Veintimilla, Zhofre Aguirre Mendoza¹, Nelson Jaramillo³, Edwin Pacheco¹, Raúl Vanegas⁴, Oswaldo Jadán^{4*}

1. Docentes-Investigadores de la Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Ecuador
2. Technical University of Munich, Department of Ecology and Ecosystems Management, Germany y Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias Naturales, Área de Ecología, Ecuador
3. Investigador del Herbario LOJA, Ecuador
4. Investigadores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca, Ecuador

* Autor para correspondencia: oswaldo.jadan@ucuenca.edu.ec

Recibido: 17 de abril del 2017

Aceptado: 26 de mayo del 2017

Resumen

En los Andes del Sur del Ecuador existen áreas de importancia para la conservación de la biodiversidad, una de éstas es el Área de Inkapirka. Los objetivos fueron identificar unidades de paisajes, comunidades vegetales y diversidad florística. Las unidades de paisaje fueron identificadas mediante elementos del paisaje y sus interacciones entre factores bióticos, abióticos e intervención humana. Las comunidades vegetales fueron determinadas mediante métodos fitosociológicos de agrupación de unidades experimentales y similitud de especies. La diversidad florística fue analizada mediante la riqueza e índices de diversidad alfa de Shannon, Simpson y Equidad. También se determinaron las especies más importantes ecológicamente dentro de las comunidades vegetales. Se identificaron siete unidades de paisaje con diferentes características geomorfológicas y de cobertura vegetal. Dentro de estas unidades se registraron cuatro comunidades vegetales, dos de vegetación natural: páramo y bosque denso montano, y dos con vegetación antrópica: complejo arbustal/pastizal y pastizal. Se registraron 204 especies en todas las comunidades.

La comunidad de bosque denso (II) registró mayor riqueza de especies y diversidad considerando biotipos arbóreos, arbustivos y herbáceos. Las unidades de paisaje dentro de Inkapirca se constituyen en ecosistemas donde se desarrollan diferentes comunidades vegetales las cuales varían en su estructura vegetal y composición de especies.

Palabras claves: Cobertura, diversidad, geomorfología, bosque montano, páramo

Abstract

In the Southern Andes of Ecuador, there are areas of importance for the conservation of biodiversity such as Inkapirka area. The objectives were to identify landscape units, plant communities and floristic diversity. Landscape units were identified through landscape elements and their interactions between biotic, abiotic and human intervention. Plant communities were determined by phytosociological clustering methods of experimental units and species similarity. Species richness and diversity indexes of Shannon, Simpson and Equity were analyzed for floristic diversity. The most important species were also identified ecologically within the plant communities. Seven landscape units with different geomorphological and vegetation cover characteristics were identified. Within these units were recorded four plant communities, two of natural vegetation: paramo, dense montane forest; and two with anthropic vegetation: complex between shrub/pasture and pasture. 204 species were recorded in all communities. Dense forest community (II) was the one with the greatest richness of species and diversity recorded considering arboreal, shrub and herbaceous, vascular biotypes. Landscape units within Inkapirca are constituted in ecosystems where different plant communities are developed which vary in their vegetal structure and species composition.

Keywords: Coverage, diversity, geomorphology, montane forest, páramo.

Introducción

El Ecuador por su alta biodiversidad por unidad de superficie es considerado un país megadiverso (Brummitt & Lughadha, 2003). En este sentido, posee un gran potencial para el manejo sostenible de los recursos naturales en diferentes niveles: flora, fauna, recursos escénicos y cultura (Larrea, 2006). Este país posee ecosistemas de vegetación natural como los bosques andinos que son considerados los más ricos en especies vegetales vasculares a nivel mundial (Barthlott et al., 2007). También está considerado como un centro de diversificación de ciertas especies agrícolas que son la base para la alimentación local y regional (Molina y Córdova, 2006).

A nivel ecosistémico se han identificado 91 ecosistemas o formaciones vegetales naturales terrestre que se constituyen en hábitats para el desarrollo biológico (MAE, 2013). Aquí crecen naturalmente miles de organismos biológicos, entre ellos más de 18 190 plantas vasculares distribuidas en todo el territorio continental e insular (Neill & Ulloa, 2011). En la región sur del Ecuador existen más de 20 formaciones vegetales (MAE, 2013) donde se han documentado más de 5 000 plantas vasculares tanto nativas como cultivadas (Jorgensen & Leon-Yanez, 1999).

Muchas de las formaciones vegetales están presentes en la región andina formando parte de ecosistemas naturales desde bosques piemontanos hasta los páramos (MAE, 2013). Gran parte de estos ecosistemas ocurren en las vertientes de la cordillera de Los Andes, considerada como un punto caliente de biodiversidad a nivel mundial (Myers et al., 2000). Dentro de esta cordillera existen áreas de importancia para la conservación de la biodiversidad debido a sus antecedentes históricos y riqueza de recursos florísticos. Aquí sobresale el área de Inkapirca, la cual posee vestigios arqueológicos que evidencian la presencia de la cultura Inca y su impacto en la región hace más de 500 años. Este sitio arqueológico está emplazado sobre ecosistemas nativos alto andinos con diferentes grados de intervención antrópica, los cuales deben ser conservados integralmente y manejados sosteniblemente con base a la existencia de invalorable recursos históricos. Lamentablemente estudios sobre valoración de áreas con importantes recursos naturales, paisajísticos y culturales como Inkapirca son aun limitados.

La conservación de estos sitios se hace prioritaria frente a los problemas como la deforestación y conversión de uso. Así en el sur del Ecuador, en contraposición a la alta riqueza de especies existentes en Los Andes, se registran altas tasa de deforestación (Tapia-Armijos et al., 2015) con pérdida de vegetación natural superiores a 1500 ha al año (Jadán et al., 2016). Entre las causas se destacan la ampliación de la frontera agrícola con fines ganaderos y agricultura de subsistencia, adicionando la tradición cultural de las nacionalidades indígenas como Los Saraguros (Finerman & Sackett, 2003; Sierra, 2013). Esta nacionalidad indígena es considerado como un alto emprendedor agrícola desde algunas décadas atrás, cuando la Ley de Reforma Agraria imponía prácticas de tala y deforestación para legalizar tierras posesionadas (Brassel et al., 2008; Collahuazo et al., 1986).

Técnicas de planificación como las unidades de paisaje han sido utilizadas para analizar ecosistemas de vegetación natural (Desmet & Govers, 1996). De igual manera dentro de estas unidades se han emprendido evaluaciones de sus recursos florísticos llegando a identificar especies ecológicamente importantes (Becking, 2003). Bajo estos antecedentes y con el fin de generar información que aporte al manejo de áreas de importancia para la conservación de la biodiversidad y ecosistemas naturales andinos se presenta datos sobre:

Análisis ecosistémico con base a unidades de paisaje; comunidades vegetales identificadas, con base a la composición florística; y evaluación de diversidad y riqueza de especies vegetales vasculares en las comunidades vegetales existentes dentro del área de Inkapirca.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de investigación se encuentra ubicada en el sur del Ecuador en la provincia de Loja, al sur del cantón Saraguro y norte del cantón Loja. Inkapirca está localizada aproximadamente a 6 km de la cabecera cantonal de este cantón (Figura 1). El área posee una superficie de 1200 ha; altitudinalmente se distribuye entre 2700 msnm a 3300 msnm. Sus límites son: norte con la comunidad de Lagunas; sur: la comunidad de Ciudadela y Cerro Acacana; este: el sector de Tambo Blanco; oeste: La Loma del Oro y Huashapamba. Ecológicamente está dentro de las formaciones vegetales: Bosque montano alto y Páramo del Sur del Ecuador (MAE, 2013). Las temperaturas oscilan entre 12°C y 14°C.

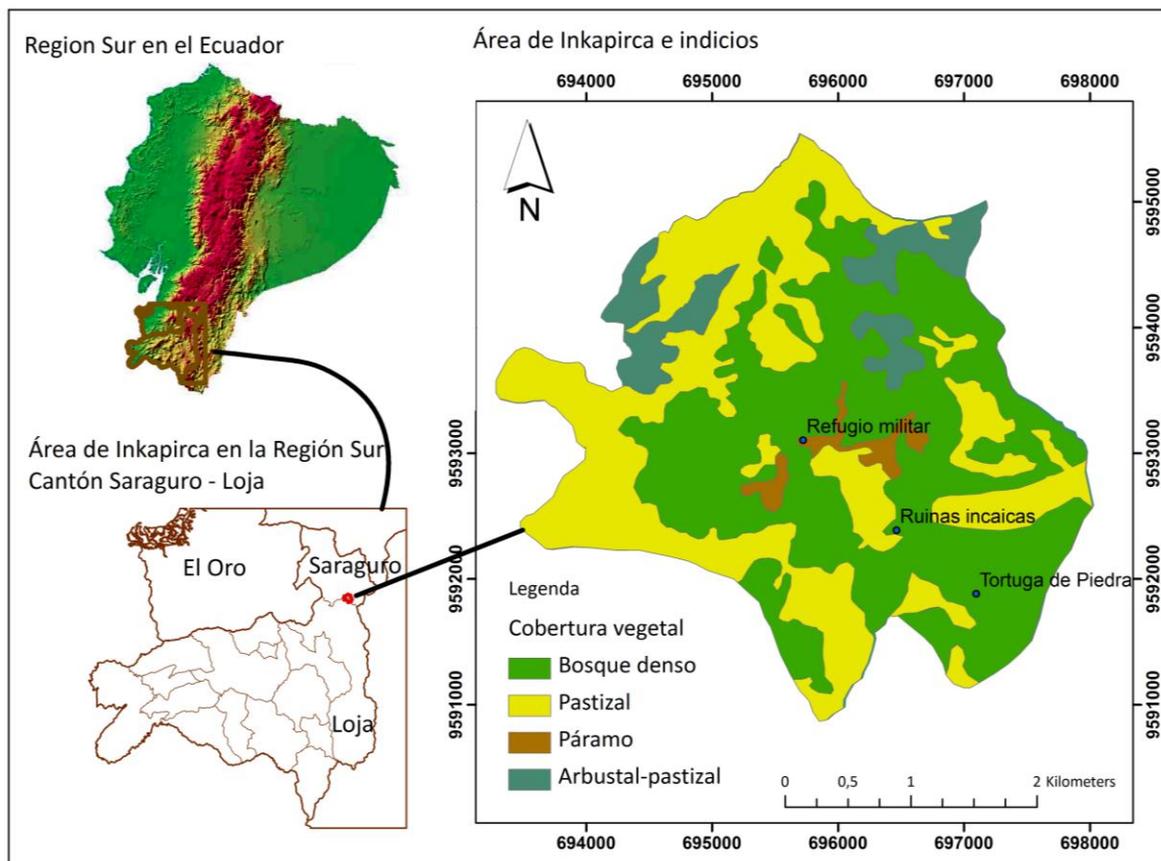


Figura 1. Mapa de ubicación del área de Inkapirca.

Delimitación del área de estudio

Se delimitó el área de estudio mediante recorridos de campo y el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), carta topográfica a escala 1: 50000 y la ayuda de un guía nativo de la zona. Los datos obtenidos en los recorridos de campo fueron digitalizados y mapeados utilizando el programa Arc View 10.2.

Unidades de paisaje

La identificación de unidades de paisaje del área se realizó para comenzar el análisis ecosistémico utilizando los métodos propuestos por el I.T.C (Zonneveld, 1989). Estos métodos se basan en determinar los elementos del paisaje como resultados de la interacción entre factores de clima, geología, hidrología, suelos, vegetación, fauna y el hombre. También la variabilidad a través del espacio geográfico a lo largo del tiempo. Para ello se desarrollaron las siguientes fases:

Fotointerpretación

Se realizó mediante el uso de fotografías aéreas del área de estudio, obtenidas en el Instituto Geográfico Militar (IGM) N° 5437-5438 a escala 1: 60 000 del año 1998. Con el uso del estereoscopio de espejos se levantó los objetos de estudio en sus distintos componentes físicos: geomorfología, cubierta vegetal, intervención o uso del suelo.

Geomorfología

Se realizó la clasificación fisiográfica del terreno mediante interpretación de las fotografías aéreas. Luego se delimitaron las unidades geomorfológicas (geoformas) con base a un análisis integrado de la composición litológica, rasgos estructurales y los patrones de drenaje, para obtener las unidades de paisaje fisiográfico y sub-paisaje fisiográfico. Se clasificó las geoformas utilizando los criterios: Gran paisaje, Paisaje, Subpaisaje definidas en Becking (2003). Una vez que se obtuvieron los resultados de la fotointerpretación, se transportaron sobre la carta geológica del área a escala 1:50 000 y se procedió a elaborar el mapa geológico y geomorfológico preliminar del área de estudio.

Determinación de la cubierta vegetal

Para clasificar los tipos de cubierta vegetal se realizó un muestreo sobre las fotografías a escala 1:60 000. Se consideró los parámetros de: estructura (% complejo, % arbóreo, % arbustivo, % herbáceo); tono predominante; textura y patrón de distribución.

Integración de los tipos de cubierta vegetal y geomorfología

El análisis integrado se fundamentó en la posibilidad de identificar y caracterizar las unidades de paisaje basándose en las características externas, que permitieron su reconocimiento y diferenciación espacial. Estas características están compuestas por dos

aspectos que resaltan la síntesis de los procesos ecológicos que son la geofoma y la cubierta vegetal. Definidos estos dos aspectos se delimitó las áreas de características uniformes en una lámina transparente sobre las fotografías aéreas con un estereoscopio de espejos. El mapa de geomorfología y los tipos de cubierta vegetal (natural e intervenida), permitieron clasificar y obtener de manera preliminar la unidad de paisaje respectiva.

Georreferenciación. Primero se escanearon las fotografías aéreas con una resolución de 250 dpi (píxeles por pulgada ppp) en formato TIFF. Luego, las fotografías aéreas digitales fueron exportadas al programa Arcgis 10.2. A continuación, se procedió a ingresar puntos de control en tres dimensiones (X, Y, Z) con coordenadas geográficas conocidas. Por último, las fotografías georeferenciadas fueron corregidas y cortadas en un 30 % del total de las columnas (píxeles) para unir las en orden, con lo que se obtuvo un mosaico fotográfico digital georeferenciado y georectificado.

Digitalización de pantalla de las unidades de paisaje

Se utilizó las láminas transparentes de la fotointerpretación como referencia, se digitalizó en pantalla con el programa ArcGis 10.2 para delimitar el área que ocupa cada unidad de paisaje y posteriormente elaborar el mapa preliminar de unidades de paisaje. Los datos de las unidades geomorfológicas y de tipo de cobertura vegetal proveniente de la interpretación representado en el mapa preliminar, fueron reconocidos y verificados en el campo. Las observaciones y correlaciones fueron indicadas en el mapa preliminar para su respectiva rectificación.

Muestreo de cada unidad diferente de paisaje

En la zona de estudio se ubicaron tres transectos al azar en cada unidad de paisaje de 10 m × 50 m para medir, contabilizar e identificar taxonómicamente árboles ≥ 5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP). Para arbustos parcelas anidadas de 10 m × 10 m y hierbas de 2 m × 2 m. Además, se registró los datos de altitud y posición geográfica.

Separación de Grupos de vegetación

Para determinar los grupos de vegetación se utilizó el programa TWINSpan - Two Way Indicator Species Analysis (Hill, 1979) para agrupar muestras, en este caso las parcelas y las variables que corresponde a las especies según su similitud en la composición florística. Se utilizaron los valores de cobertura de las especies diferenciadas en 5 rangos, propuestos por (Braun-Blanquet, 1979). Las comunidades vegetales fueron denominadas según las especies exclusivas y con mayor frecuencia.

Diversidad y riqueza florísticas en las comunidades vegetales de Inkapirca

En cada grupo de vegetación se analizó la composición florística según el número de especies. También se calculó los índices de diversidad alfa según Shannon, Simpson y

Equidad. Se determinó la densidad y el índice de dominancia por m². Adicionalmente se determinaron las especies más importantes ecológicamente según el índice de valor importancia (IVI) (Curtis y McIntosh, 1951). En la comunidad vegetal correspondiente a bosque denso montano se diferenciaron las especies más importantes considerando todos los biotipos tanto árboles, arbustos y hierbas y también solo para árboles \geq a 5 cm de DAP.

Resultados

Cobertura vegetal

Se identificaron cuatro tipos de coberturas vegetales a las que según su composición florística y estructura se denominó: 1) bosque denso montano; 2) pastizal; 3) páramo herbáceo; 4) arbustal y pastizal. Estas coberturas fueron utilizadas para diferenciar las diferentes unidades de paisaje.

Unidades de paisaje

Se identificaron siete unidades de paisajes con superficies diferentes, con base a sus características geomorfológicas y de cobertura vegetal heterogéneas (Figura 2). Las formaciones geológicas y geomorfológicas del área de estudio están dentro de la Unidad Tarqui y Saraguro del periodo paleozoico; la litología presentó conglomerados de tobas riolíticas. El gran paisaje se representó por la estructura fluvio erosional que incluye a los paisajes de relieve montañoso y colinas aterrazadas.

Los relieves montañosos se encuentran en la parte media y alta del área de Inkapirca dentro de las coberturas vegetales bosque denso, pastizales y complejo (arbustal y pastizal) (Figura 2). Aquí existen montañas formando crestas agudas y picos locales con drenaje sub-paralelo denso y relieve muy disectado. Geológicamente predominan rocas denominadas tobas riolíticas del pórfido cuarcífero.

Las colinas aterrazadas están por encima y debajo de los relieves montañosos, en las partes altas, medias y bajas del área de Inkapirca (Figura 2). En las partes altas los páramos son de aspecto extendido, con pendientes rectas y cóncavas con porcentajes mayores a 50 %. En las partes medias y bajas se encuentran el complejo de cobertura vegetal arbustal/pasto. Los pastos son de aspecto fisiográfico cóncavo extendido con pendientes que oscilan entre el 25 y 50 % dando origen a terrenos escarpados y muy escarpados en altitudes que van desde 2600 m.snm a 3300 msnm. Geológicamente están representadas por tobas riolíticas pertenecientes a pórfido cuarcífero en los páramos y tobas en las demás coberturas.

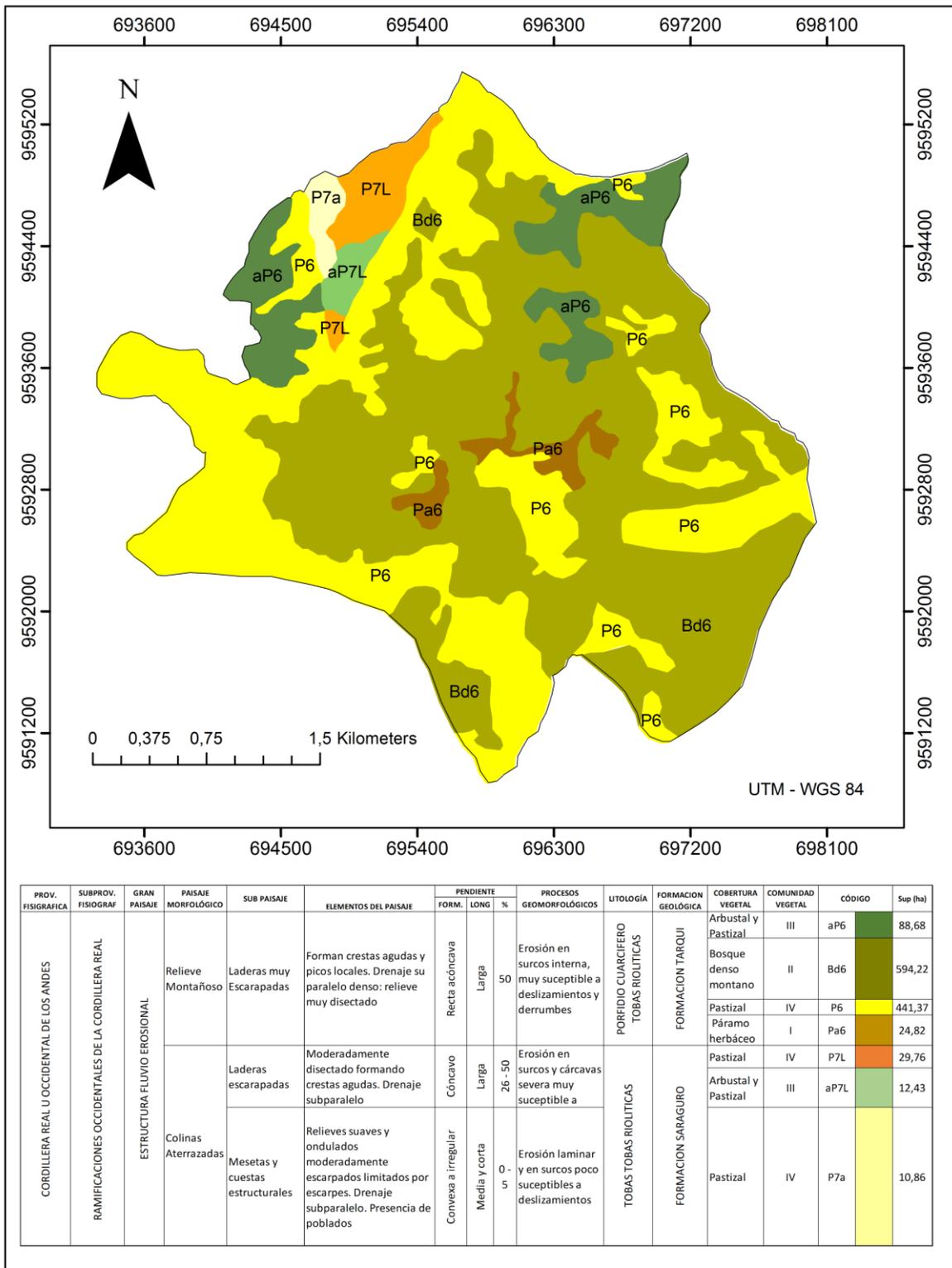


Figura 2. Mapa de unidades de paisaje del área de Inkapirca

Comunidades vegetales identificadas en las unidades de paisaje

Según TWINSPLAN se identificaron cuatro comunidades vegetales (Figura 3). Estas comunidades están diferenciadas con base a su composición florística donde se evidencian especies exclusivas y compartidas entre comunidades forestales.

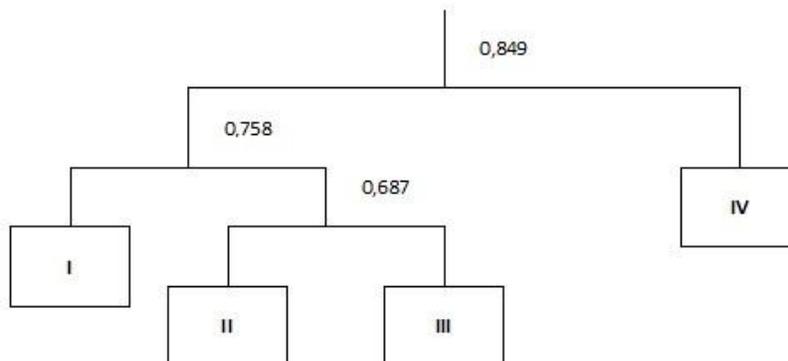


Figura 3. Dendrograma de la agrupación de las parcelas con los respectivos “eigenvalores” para cada división, resultantes del análisis multivariado con el programa TWINSPLAN.

Comunidad I. Comunidad de páramo herbáceo de *Puya sp.*, *Loricaria thuyoides*, *Oriothropium peruvianum* y *Hieracium frigidum*. Está representada por vegetación herbácea de páramos presentes en laderas muy escarpadas, de formaciones rocosas de altas montañas. La vegetación presente se desarrolla entre 3279 m.snm a 3311 m.snm distribuida sobre crestas agudas y picos locales que superan el 50 % de pendiente.

Comunidad II. Comunidad de Bosque denso montano de *Weinmannia rollotti*, *Clusia elliptica*, *Disterigma acuminatum* y *Chusquea sp.* Esta comunidad está representada por estratos boscosos donde se asientan gran cantidad de árboles característicos de ecosistemas montanos que se desarrollan en altitudes entre 2700 m.snm a 3100 m.snm. La comunidad se encuentra en laderas muy escarpadas con pendientes mayores al 50 %, formando crestas agudas y picos locales.

Comunidad III. Arbustal y pastizal de *Morella pubescens*, *Hypericum decandrum* y *Puya eryngioides*. Esta comunidad vegetal está representada por vegetación arbustiva y herbácea en laderas escarpadas y muy escarpadas. La vegetación se encuentra creciendo en un rango altitudinal entre 2810 m.snm a 2950 m.snm en pendientes entre 0 y 50 %.

Comunidad IV. Pastizal de *Holcus lanatus*, *Calamagrostis intermedia* y *Anthoxanthum odoratum*. Esta comunidad vegetal de carácter netamente antrópico está representada por pastizales que se encuentran en la parte baja y media del área de Inkapirca. Este estrato tiene una cobertura entre el 80 y 90 % con alturas de 1 cm a 30 cm en las hierbas. El rango

altitudinal de esta comunidad va desde 2710 m.snm a 2820 m.snm Se localiza sobre laderas muy escarpadas (>50 %), escarpadas (26-50 %) mesetas y cuevas estructurales (26 %).

Diversidad y composición florística

Se registraron 203 especies en todas las comunidades vegetales. Esta riqueza fue tres veces mayor en la comunidad II a diferencia de la comunidad I (Tabla 1). Similares valores se observan entre las comunidades II y III. Según el índice de Shannon las comunidades II y III fueron más diversas. Todas las comunidades presentaron alta equidad (escala de 0 – 1) mostrando distribución homogénea de individuos por especie (Tabla 1).

Tabla 1. Riqueza, número de individuos/m², dominancia/m², índices de diversidad de Shannon, Simpson y Equidad en las comunidades vegetales presentes en el área de Inkapirca.

Comunidades	Riqueza	Individuos/m ²	Dominancia/m ²	Simpson	Shannon	Equidad
Comunidad I	36	7,9	0,05	0,9	3,2	0,9
Comunidad II	92	0,5	0,02	1,0	4,2	0,9
Comunidad III	81	2,0	0,03	1,0	4,0	0,9
Comunidad IV	44	96,8	0,09	0,9	3,0	0,8

Especies más importantes ecológicamente

Las cinco especies con mayor IVI dentro de la comunidad I son: *Oriothropium peruvianum*, *Orthrosanthus chimborascensis*, *Calamagrostis macrophylla*, *Stipa ichu* y *Blechnum auratum* Aquí se registraron dos especies endémicas *Oreopanax andreanum* y *Oreopanax sessiliflorus*. En la comunidad II: *Chusquea* sp.1, *Begonia urticae*, *Clusia elliptica*, *Weinmannia rollotti* y *Cyathea caracasana*. En esta comunidad las especies arbóreas con \geq 5 cm de DAP más importantes ecológicamente son: *Weinmannia rollotti*, *Clusia elliptica*, *Weinmannia fagaroides*, *Cyathea caracasana* y *Persea ferruginea*. Comunidad III: *Hypericum decandrum*, *Morella pubescens*, *Puya eryngioides*, *Pernettya prostrata* y *Blechnum auratum*. En esta comunidad se registraron dos especies endémicas: *Puya eryngioides* y *Oreopanax ecuadorensis*. Comunidad IV: *Hypericum canadense*, *Hypericum lancioides*, *Lycopodium clavatum*, *Digitaria* sp y *Anthoxanthum odoratum*. Los valores relativos del IVI de todas las especies se muestran en el Anexo 1.

Discusión

Unidades de paisaje

Las siete unidades de paisaje, aunque todas están dentro de la cordillera de los Andes en paisajes fluvio erosionales, se diferencian en dos paisajes morfológicos, los cuales a través

de los elementos del paisaje permiten diferenciar dos escenarios geomorfológicos; con base a sus características fisiográficas de ubicación altitudinal dan origen a diferentes hábitats que con sus características ambientales y edáficas intrínsecas albergan a diferentes organismos biológicos (Stallard, 1985) agrupados en esta ocasión en comunidades vegetales.

Se conoce que las formaciones geológicas son parte fundamental de los procesos pedológicos que dan origen a diferentes tipos de suelos (Hackl et al., 2005). Estos suelos según las condiciones fisiográficas, y aspectos de fertilidad son destinados a diferentes usos de la tierra. Así, según los resultados obtenidos, los usos del suelo presentes en la formación geológica Tarqui corresponden a los ecosistemas naturales de bosque denso y páramos diferenciados en las comunidades vegetales I y II. Esto se debe a que los sitios dentro de esta formación están ubicados en partes altas, en lugares lejanos de los centros poblados, pero sobre todo con fuertes pendientes ≥ 50 %. Los usos antrópicos dentro de la formación Saraguro también están en lugares escarpados y con pendientes moderadas donde se puede practicar la ganadería. La presencia de pastizales en zonas con fisiografías moderadas son consistentes a los resultados registrados por Armenteras et al., (2011) y Jadán et al., (2016) quienes afirman que la deforestación o cambio del uso del suelo está relacionada negativamente con la pendiente; sin generalizar para toda el área de Inkapirca.

Respecto a las comunidades vegetales identificadas la I y II corresponden a ecosistemas naturales y las comunidades antropogénicas III y IV. Las dos primeras contienen vegetación natural característica de los ecosistemas altoandinos, donde se deben enfocar los esfuerzos de conservación. A pesar de que los análisis de la información obtenida se enfocan principalmente en estas comunidades, es importante considerar a las comunidades antropogénicas identificadas en el presente estudio para ser consideradas dentro de estrategias de conservación a nivel de paisaje. Así, se debe mantener el complejo arbustal - pastizal y fomentar la incorporación de árboles en los pastizales puros (desarrollar silvopasturas). Esto permitiría mejorar la conectividad biológica en áreas fragmentadas como resultado de procesos de deforestación, cuyo problema es común en toda la región andina del sur ecuatoriano (Jadán et al., 2016; Tapia-Armijos et al., 2015).

Diversidad e importancia ecológica de las especies

El valor del índice de diversidad alfa de Shannon registrado en la comunidad II de bosque denso es similar a los valores registrados por Homeier et al. (2002) (4,61 y 4,91) en comunidades forestales de bosque de montaña primario. También son similares a los registrados en bosques secundarios de los Andes Sur del Ecuador (Jadán et al., 2017). En comparación bosques húmedos tropicales de tierras bajas (< 1000 msnm) los índices de Shannon y Simpson fueron superiores a los registrados en bosques primarios del nor-oriental del Ecuador (Jadán et al., 2016) los cuales son considerados como unos de los de

mayor diversidad florística en toda la región amazónica. Esto permite inferir que los bosques naturales dentro del área de estudio corresponden a sitios de alta diversidad de especies forestales andinas. Respecto al índice de equidad todas las comunidades presentaron valores altos (Tabla 1) (escala de 0-1) lo cual indica una distribución homogénea de individuos sobre las especies.

Las especies más importantes ecológicamente registradas en la comunidad I son características de los páramos del Sur del Ecuador que también han sido registradas en las estribaciones orientales de Los Andes en la zonas de las Lagunas de Jimbura y Nabón en la provincia del Azuay (Izco et al., 2007; Pulgar et al., 2010). En la zona de estudio no se registró a *Neurolepis nana* (Poaceae) que es importante ecológicamente en varios páramos del Sur del Ecuador (Izco, 2013; Rodríguez & Behling, 2011). Esto permite inferir que esta especie está restringida para vertientes orientales de Los Andes en páramos húmedos como los existentes en las localidades de Laguna Negra, El Tambo, Cerro Toledo y Yambala explorados por (Bonilla & Ojeda, 2003; Lozano et al., 2004). Con base a la composición de especies, los páramos de la comunidad I tienen parcial similitud con algunos páramos existentes dentro del Parque Nacional Podocarpus donde una de las especies dominantes es *Calamagrostis macrophylla* (Lozano et al., 2004; Quizhpe et al., 2002)

En la comunidad II de bosque denso se registra alta diversidad de especies pertenecientes al género *Weinmannia*, las cuales son especies esciófitas de sucesión avanzada, lo que permite inferir la presencia de bosques andinos maduros. Respecto a la diversidad de este género los resultados del presente estudio son más sobresalientes a los registrados en bosques secundarios andinos en áreas cercanas dentro del Sur de Ecuador donde solo se registra *Weinmannia fagaroides* (Jadán et al., 2017). Los resultados obtenidos respecto a *Chusquea* sp. como especie importante ecológicamente concuerdan con los registrados por Bonilla & Ojeda (2003) en el sector de Yambala, en un estrato de bosque, donde *Chusquea* también es dominante. Estas similitudes posiblemente estén relacionadas con el grado de intervención antrópica, similares entre los dos sitios donde está presente esta especie heliófita (con gran tolerancia a la luz) como indicadora de bosques naturales intervenidos. De igual forma, los resultados obtenidos con respecto a *Cyathea caracasana* (Polypodiophyta) coinciden con los registrados por Pardo & Mogrovejo (2004) en el bosque húmedo montano de Huashapamba-Saraguro donde esta especie fue una de las especies más importantes. La cercanía entre Inkapiraca y Hushapamba, adicionando las similares características ecológicas y formaciones geomorfológicas posiblemente estarían influyendo sobre la presencia e importancia ecológica de esta especie en los dos sitios.

Conclusiones

El área de Inkapirca, aunque es un sitio de escasa superficie posee diversidad de ecosistemas. Estos están diferenciados en siete unidades de paisaje identificadas donde las condiciones ambientales, geomorfológicas y cobertura vegetal se constituyen en el escenario natural para que se desarrollen diferentes formas de vida de plantas vasculares que, según su distribución espacial están formando cuatro comunidades vegetales.

Las unidades de paisaje donde existen ecosistemas con coberturas vegetales naturales con cierto grado de intervención son aquellas donde se debe emprender acciones de conservación articuladas con el rescate, conservación y manejo de vestigios arqueológicos emplazados principalmente en estas áreas. Las existencias arqueológicas forman parte del patrimonio cultural y serían el motivo para conservar y manejar sosteniblemente estos recursos naturales circundantes a perpetuidad.

Ligado a la diversidad de paisajes sobresalen comunidades vegetales, las cuales se diferencian por su composición florística y ubicación espacial. Esta ubicación se da con base a la ubicación altitudinal y fisiográfica existente en el área de investigación. Muchas especies exclusivas y las de mayor importancia ecológica son las que sobresalen y marcan diferencias intrínsecas respecto a la composición de cada comunidad vegetal.

La alta riqueza de especies nativas (204 especies) registradas en toda el área de estudio y la alta diversidad alfa del bosque nativo en comparación con otros tipos de bosques dan a conocer la importancia biológica de estos ecosistemas naturales andinos a nivel local. Al mismo tiempo permiten vincular al sitio de estudio dentro de los contextos regionales andinos, los cuales son considerados como centros de alta riqueza a nivel mundial. Estos son motivos suficientes para emprender acciones pertinentes de conservación.

De las especies registradas especialmente en las comunidades de vegetación natural, algunas son pioneras o heliófitas y otras de sucesión avanzada o esciófitas, lo que permite concluir que se trata de ecosistemas naturales maduros (bosque denso y páramo) que presentan cierto grado de intervención.

BIBLIOGRAFIA

- Armenteras, D., Rodríguez, N., Retana, J., & Morales, M. (2011). Understanding deforestation in montane and lowland forests of the Colombian Andes. *Regional Environmental Change*, 11 (3), 693-705.
- Barthlott, W., Hostert, A., Kier, G., Küper, W., Kreft, H., Mutke, J., . . . Sommer, J. H. (2007). Geographic patterns of vascular plant diversity at continental to global

- scales (Geographische Muster der Gefäßpflanzenvielfalt im kontinentalen und globalen Maßstab). *Erdkunde*, 305-315.
- Becking, M. (2003). *Estrategia Ambiental para el Desarrollo Humano Sustentable de la Microregión del Parque Nacional Podocarpus*. Loja, Ecuador.
- Bonilla, J., & Ojeda, J. (2003). *Caracterización de los Recursos Naturales de la Subcuenca del Río Yambala con fines Ecoturísticos*. (Tesis Ingeniero Forestal), Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Ingeniería Forestal, Loja, Ecuador.
- Brassel, F., Herrera, S., & Laforge, M. (2008). ¿Reforma Agraria en el Ecuador? *Viejos temas, nuevos argumentos*. Quito: Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador (SIPAE).
- Braun-Blanquet, J. (1979). Fitosociología. *Bases para el estudio de las comunidades vegetales*, 1, 819.
- Brummitt, N., & Lughadha, E. N. (2003). Biodiversity: where's hot and where's not. *Conservation Biology*, 17 (5), 1442-1448.
- Collahuazo, A., Hurtado, R., Pasaca, B., & Hernández, F. (1986). *Las prácticas agrícolas en Saraguro* (CATER Ed.). Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Curtis, J. & McIntosh, R. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496
- Desmet, P., & Govers, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of soil and water conservation*, 51 (5), 427-433.
- Finerman, R., & Sackett, R. (2003). Using home gardens to decipher health and healing in the Andes. *Medical anthropology quarterly*, 17 (4), 459-482.
- Hackl, E., Pfeffer, M., Donat, C., Bachmann, G., & Zechmeister-Boltenstern, S. (2005). Composition of the microbial communities in the mineral soil under different types of natural forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 37 (4), 661-671.
- Hill, M. O. (1979). *TWINSPAN: a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes*: Section of Ecology and Systematics, Cornell University.
- Homeier J, Dalitz H, Breckle S-W (2002) Waldstruktur und Baumartendiversität im montanen Regenwald der Estación Científica San Francisco in Südecuador. *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft* 14: 109-118.
- Izco, J. (2013). The Biological Reserve of San Francisco (Ecuador): revision of the syntaxonomy and nomenclature of the vegetation/La reserva biológica de San Francisco (Ecuador): revision sintaxonómica y nomenclatural de la vegetación. *Lazaroa*, 34, 257.
- Izco, J., Pulgar, Í., Aguirre, Z., & Santin, F. (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 14 (2), 237-246.
- Jadán, O., Cedillo, H., Zea, P., Quichimbo, P., Peralta, A., & Vaca, C. (2016). Relación entre la deforestación y variables topográficas en un contexto agrícola ganadero, cantón Cuenca. *Bosques Latitud Cero*, 6, 1-13.
- Jadán, O., Toledo, C., Tepán, B., Cedillo, H., Peralta, A., Zea, P., . . . Vaca, C. (2017). Forest communities in high Andean secondary forests (Azúy, Ecuador). *Bosque (Valdivia)*, 38 (1), 141-154.

- Jadán, Oswaldo, Torres, Bolier, Selesi, Daniela, Peña, Denisse, Rosales, Cornelio, & Günter, Sven. (2016). Floristic diversity and structure in traditional cocoa plantations and natural forest (Sumaco, Ecuador). *Colombia Forestal*, 19(2), 129-142.
- Jorgensen, P. M., & Leon-Yanez, S. (1999). *Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador* (Vol. 75): Missouri Botanical Garden.
- Larrea, C. (2006). *Hacia una historia ecológica del Ecuador: propuestas para el debate* (Vol. 15). Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- Lozano, P., Delgado, T., & Aguirre, Z. (2004). Endemism as a tool for conservation. Podocarpus National Park a case study: Lyonía.
- MAE. (2013). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Molina, M., & Córdova, L. (2006). Informe Nacional sobre el estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación. *Recuperado el día, 14*.
- Neill, D., Ulloa, C. (2011). Adiciones a la Flora del Ecuador: Segundo suplemento, 2005-2010. Fundación Jatun sacha.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (6772), 853-858.
- Pardo, D., & Mogrovejo, R. (2004). *Composición florística, endemismo, etnobotánica y perspectivas de conservación del bosque nativo Huashapamba, cantón Saraguro*. (Tesis Ingeniero Forestal), Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Ingeniería Forestal, Loja Ecuador.
- Pulgar, Í., Izco, J., & Jadán, O. (2010). *Flora selecta de los pajonales de Loja, Ecuador*. Quito, Ecuador: Ediciones Abya-Yala.
- Quizhpe, W., Aguirre, Z., Cabrera, O., & Delgado, T. E. (2002). Los páramos del Parque Nacional Podocarpus. *Botanica austroecuadoriana*. Abya Yala. Quito. Pp, 79-89.
- Rodríguez, F., & Behling, H. (2011). Late Holocene vegetation, fire, climate and upper forest line dynamics in the Podocarpus National Park, southeastern Ecuador. *Vegetation History and Archaeobotany*, 20 (1), 1-14.
- Sierra, R. (2013). *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10*. Quito, Ecuador: Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends.
- Stallard, R. F. (1985). River chemistry, geology, geomorphology, and soils in the Amazon and Orinoco basins *The chemistry of weathering* (pp. 293-316): Springer.
- Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., Espinosa, C. I., Leuschner, C., & de la Cruz, M. (2015). Deforestation and forest fragmentation in South Ecuador since the 1970s—losing a hotspot of biodiversity. *PloS one*, 10 (9), e0133701.
- Zonneveld, I. S. (1989). The land unit—a fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape ecology*, 3 (2), 67-86.

Anexo 1. Valores del Índice de Valor Importancia (IVI) para especies registradas en el Área de Inkapirca, Saraguro-Loja, ordenadas alfabéticamente por especie.

Especie	Familia	C1	C2	C3	C4
<i>Achyrocline hallii</i> Hieron	Asteraceae			0,9	
<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae			0,9	
<i>Agrostis perenans</i> (Walter) Tuck.	Poaceae	4,0			
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Poaceae				4,0
<i>Axinaea macrophylla</i> (Naudin) Triana	Melastomataceae		0,5		
<i>Axinaea sclerophylla</i> Triana	Melastomataceae		1,6		
<i>Axinaea</i> sp.1	Melastomataceae		0,5	0,7	
<i>Axinaea</i> sp.2	Melastomataceae			0,7	
<i>Axinaea</i> sp.3	Melastomataceae	1,4			
<i>Azorella multifida</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Apiaceae	2,7			1,1
<i>Baccharis brachylaenoides</i> DC.	Asteraceae		0,5		
<i>Baccharis emarginata</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Asteraceae		0,7		
<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	Asteraceae			0,9	3,3
<i>Baccharis oblongifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Asteraceae		1,0		
<i>Begonia urticae</i> L.f	Begoniaceae		3,4		
<i>Bejaria aestuans</i> L.	Ericaceae	1,3		0,9	
<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex. L.f.	Ericaceae			0,8	
<i>Bidens andicola</i> Kunth	Asteraceae				1,7
<i>Blechnum auratum</i> (Fée) R.M. Tryon & Stolze	Blechnaceae		1,6	2,8	
<i>Blechnum auratum</i> (Fée) R.M. Tryon & Stolze	Blechnaceae	5,1			
<i>Blechnum</i> sp.1	Blechnaceae	1,8			
<i>Bomarea brachysepala</i> Benth.	Alstroemeriaceae	1,4			
<i>Brachyotum alpinum</i> Cogn.	Melastomataceae			1,3	
<i>Brachyotum campanulare</i> (Bompl.) Triana	Melastomataceae				0,7
<i>Brunellia</i> sp.	Brunelliaceae		0,6		
<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl.) Steud.	Poaceae			2,3	2,6
<i>Calamagrostis macrophylla</i> (Pilg.) Pilg.	Poaceae	5,2			
<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J.St.-Hil) Hoerold	Ericaceae			0,9	
<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J.St.-Hil) Hoerold	Ericaceae		0,7		
<i>Centaurium erythraea</i> Rafn.	Gentianacea				1,8
<i>Centropogon granulatus</i> C. Presl.	Campanulaceae			0,9	
<i>Chusquea</i> sp. 1	Poaceae	3,1			
<i>Chusquea</i> sp.2	Poaceae		4,1	2,1	
<i>Cinchona macrocalyx</i> Pav. ex DC.	Rubiaceae		0,4		
<i>Cinchona</i> sp.1	Rubiaceae		0,7		

<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Clethraceae			1,6	
<i>Clethra ovalifolia</i> Turcz.	Clethraceae			0,7	
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Clethraceae		1,7	0,5	
<i>Clinopodium nubigenum</i> (Kunth) Kuntze	Lamiaceae				0,6
<i>Clusia alata</i> Triana & Planch.	Clusiaceae		1,8	1,6	
<i>Clusia elliptica</i> Kunth	Clusiaceae		3,4	1,6	
<i>Clusia</i> sp.	Clusiaceae		2,2		
<i>Cotula australis</i> (Sieber ex Spreng.) Hook.f.	Asteraceae				1,9
<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin.	Cyatheaceae		2,4	1,4	
<i>Cyperus aggregatum</i> (Willd.) Endl.	Cyperaceae			0,9	
<i>Cyperus</i> sp. 1	Cyperaceae			1,3	
<i>Cyperus</i> sp.2	Cyperaceae				0,6
<i>Dendrophorbium balsapampae</i> (Cuatrec.) B. Nord.	Asteraceae			0,7	
<i>Dendrophthora ambigua</i> Kuijt	Santalaceae			0,9	
<i>Desfontainia spinosa</i> Ruiz & Pav.	Columelliaceae		0,6		
<i>Digitaria</i> sp.1	Poaceae				4,9
<i>Diplostephium peruvianum</i> Cuatrec.	Asteraceae	1,3			
<i>Disterigma acuminatum</i> (Kunth) Nied.	Ericaceae		1,2	0,9	
<i>Disterigma alaternoides</i> (Kunth) Nied.	Ericaceae	2,2	2,3	2,2	
<i>Dorobaea pimpinellifolia</i> (Kunth) B. Nord.	Asteraceae				1,0
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.	Caryophyllaceae				0,7
<i>Elaphoglossum</i> sp.1	Dryopteridaceae		1,3		
<i>Elaphoglossum</i> sp.2	Dryopteridaceae		0,5		
<i>Eleocharis</i> sp.1	Cyperaceae				0,8
<i>Elleanthus aurantiacus</i> (Lindl.) Rchb.f.	Orchidaceae		0,7		
<i>Epidendrum</i> sp.1	Orchidaceae		0,5		
<i>Escallonia micrantha</i> Mattf.	Escalloniaceae		0,7		
<i>Escallonia paniculada</i> (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult	Escalloniaceae		0,5		
<i>Freziera campanulata</i> A. Weitzman	Pentaphragaceae		0,4		
<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don.	Orchidaceae		0,6		
<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl. Ex Griseb.	Rubiaceae	1,2			
<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	Ericaceae	1,3		0,9	1,9
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth.	Ericaceae			2,5	
<i>Geranium sibbaldioides</i> Benth.	Geraniaceae	1,3			
<i>Gnaphalium dombeyanum</i> DC.	Asteraceae	1,4			
<i>Gnaphalium elegans</i> Kunth	Asteraceae				0,8
<i>Gnaphalium</i> sp.1	Asteraceae			0,7	
<i>Gomphychis traceyae</i> Rolfe	Orchidaceae				1,0
<i>Grammitis</i> sp.1	Polypodaceae		1,7		

<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth) Cass.	Poaceae			0,9	
<i>Gynoxys parviflora</i> Cuatrec.	Poaceae	2,8			
<i>Gynoxys</i> sp.1	Poaceae		1,0		
<i>Halenia</i> sp.1	Gentianaceae	4,7			
<i>Hedyosmum purpurascens</i> Todzia	Chloranthaceae		0,5		
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) Don	Chloranthaceae		1,1		
<i>Hedyosmum</i> sp.1	Chloranthaceae			0,7	
<i>Heliopsis canescens</i> H.B.K	Asteraceae				0,9
<i>Heliopsis oppositifolia</i> (Lam.) S. Díaz	Asteraceae				1,0
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	Rosaceae		1,0	0,8	
<i>Hieracium frigidum</i> Wedd.	Asteraceae	3,8	1,0	2,2	1,9
<i>Holcus lanatus</i> L.	Poaceae			2,1	0,7
<i>Hydrocotyle bomplandii</i> A. Rich.	Araliaceae		0,8		
<i>Hymenophyllum plumieri</i> Hook. & Grev.	Hymenophyllaceae		0,7		
<i>Hypericum canadense</i> L.	Hypericaceae				18,7
<i>Hypericum decandrum</i> Turcz.	Hypericaceae	2,1			
<i>Hypericum decandrum</i> Turcz.	Hypericaceae			4,8	
<i>Hypericum harlingii</i> N. Robson	Hypericaceae		0,5		
<i>Hypericum lancioides</i> Cuatrec.	Hypericaceae	1,7			7,2
<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.	Hypericaceae		1,0		
<i>Ilex myricoides</i> Kunth	Aquifoliaceae		0,5		
<i>Ilex rupicola</i> Kunth	Aquifoliaceae		0,9		
<i>Ilex</i> sp.1	Aquifoliaceae		0,4		
<i>Ilex</i> sp.2	Aquifoliaceae		1,0		
<i>Juncus bufonis</i> L.	Juncaceae				1,1
<i>Juncus echinocephalus</i> Balslev	Juncaceae				1,1
<i>Lachemilla aphanoides</i> (Mutis ex. L.f.) Rothm.	Rosaceae				3,7
<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	Rosaceae				3,3
<i>Liabum</i> sp.1	Asteraceae		1,0		
<i>Lomatia hirsuta</i> (Lam.) Diels	Proteaceae			0,7	
<i>Loricaria thuyoides</i> (Lam.) Sch.Bip.	Asteraceae	3,8			
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	Lycopodiaceae			0,9	6,4
<i>Lycopodium contiguum</i> Klotzsch.	Lycopodiaceae	1,4			
<i>Lycopodium vestitum</i> Desv. Ex Poir.	Lycopodiaceae	4,4			
<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C.Sm.	Gentianaceae		0,4		
<i>Macrocarpaea arborescens</i> Gilg.	Gentianaceae			0,8	
<i>Macrocarpaea harlingii</i> J.S. Pringle	Gentianaceae		1,0	0,8	
<i>Maytenus</i> sp.1	Celastraceae			0,7	
<i>Meriania</i> sp.1	Melastomataceae		0,4		

<i>Miconia asperrima</i> Triana	Melastomataceae		1,4		
<i>Miconia caelata</i> (Bompl.) DC.	Melastomataceae		1,0		
<i>Miconia cladonia</i> Gleason	Melastomataceae		0,9		
<i>Miconia lutescens</i> (Bompl.) DC.	Melastomataceae		1,1	1,4	
<i>Miconia obscura</i> (Bompl.) Naudin	Melastomataceae		1,1		
<i>Miconia salicifolia</i> (Bompl. ex Naudin) Naudin	Melastomataceae	2,3		0,8	
<i>Miconia</i> sp.1	Melastomataceae		0,5	1,3	
<i>Miconia</i> sp.2	Melastomataceae		0,6		
<i>Miconia theaezans</i> (Bompl.) Cogn.	Melastomataceae			0,7	
<i>Miconia tinifolia</i> Naudin	Melastomataceae		1,9		
<i>Mikania pichinchenses</i> Hieron	Asteraceae		1,3		
<i>Mikania</i> sp.1	Asteraceae		1,2		
<i>Mikania</i> sp.2	Asteraceae		0,7		
<i>Mikania szyszyłowiczii</i> Hieron	Asteraceae		0,8	2,5	
<i>Minthostachys</i> sp1.	Lamiaceae		0,9		
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	Polygonaceae	1,2			2,2
<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	Asteraceae		1,9	0,9	
<i>Morella pubescens</i>	Myricaceae			3,5	
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae			1,6	
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae		0,9		
<i>Myrsine dependens</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Primulaceae		1,3		
<i>Nertera granadensis</i> (Mutis ex L.f.) Druce	Rubiaceae				1,9
<i>Neurolepis asymmetrica</i> L.G. Clark	Poaceae		0,4		
<i>Oreobolus goeppingeri</i> Suess.	Cyperaceae	1,5			
<i>Oreobolus</i> sp.1	Cyperaceae			1,5	3,6
<i>Oreobolus venezuelensis</i> Steyerm.	Cyperaceae	4,4			
<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R.Br.	Proteaceae			1,3	
<i>Oreopanax andreanum</i> Marchal	Araliaceae		0,4		
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	Araliaceae			0,8	
<i>Oreopanax sessiliflorus</i> (Benth.) Decne & Planch.	Araliaceae		1,5		
<i>Oriothropium peruvianum</i> (Lam.) Cuatrec	Asteraceae	6,0	1,6	1,3	0,9
<i>Orthrosanthus chimborascensis</i> (Kunth) Baker	Iridaceae	5,4			
<i>Oxalis teneriensis</i> Kunth	Oxalidaceae		0,5		
<i>Paepalanthus ensifolius</i> (Kunth) Kunth	Eriocaulaceae				0,8
<i>Palicourea</i> sp.1	Rubiaceae		1,2		
<i>Palicourea apicata</i> Kunth	Rubiaceae		0,6		
<i>Palicourea calycina</i> Benth.	Rubiaceae		1,6	0,8	
<i>Palicourea chloracaerulea</i> Krause	Rubiaceae		1,3		
<i>Palicourea</i> sp.1	Rubiaceae			0,9	

<i>Pentacalia</i> sp.1	Asteraceae		0,5		
<i>Peperomia</i> sp.1	Peperomiaceae	1,8			
<i>Peperomia</i> sp.2	Peperomiaceae		0,7		
<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.	Ericaceae			3,0	0,8
<i>Persea brevipes</i> Meisn.	Lauraceae		0,7		
<i>Persea ferruginea</i> Kunth	Lauraceae		2,0	1,4	
<i>Piper asperiusculum</i> Kunth	Piperaceae		0,5		
<i>Pleurothallis</i> sp.1	Orchidaceae		2,2		
<i>Podocarpus oleifolius</i> D.Don ex Lam.	Podocarpaceae		0,9	0,5	
<i>Psychotria reticulata</i> Ruiz & Pav.	Rubiaceae		0,8		
<i>Pteridium</i> sp.1	Pteridaceae			0,8	
<i>Pteris</i> sp.1	Pteridaceae		0,5		
<i>Puya eryngioides</i> André	Bromeliaceae			3,4	
<i>Puya</i> sp.1	Bromeliaceae	4,6			
<i>Ranunculus guzmanii</i> Humb. Ex Caldas	Ranunculaceae				1,7
<i>Rhynchospora Vulcanu</i> Boeck.	Cyperaceae				2,1
<i>Roupala obovata</i> Kunth	Proteaceae			0,6	
<i>Rubus</i> sp.	Rosaceae			1,2	
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	Actinidiaceae			0,7	
<i>Saurauia harlingii</i> Soejarto	Actinidiaceae		0,9		
<i>Schefflera ferruginea</i> (Kunth) Harms.	Araliaceae		0,5	0,8	
<i>Schefflera</i> sp.1	Araliaceae			0,6	
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	Poaceae				1,1
<i>Siphocampylus scandens</i> (Kunth) G. Don.	Campanulaceae			0,8	
<i>Sisyrinchium tinctorium</i> Kunth	Iridaceae				0,9
<i>Stellaria recurvata</i> Willd. Ex Schldt.	Caryophyllaceae				0,7
<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	Poaceae	5,2		1,7	
<i>Styrax loxensis</i> Park.	Styracaceae		1,0		
<i>Symplocos bogotensis</i> Brand.	Symplocaceae		0,5	0,7	
<i>Symplocos fuscata</i> B. Stahl.	Symplocaceae		0,5		
<i>Thelypteris</i> sp.1	Pteridaceae			0,9	
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae			1,7	
<i>Tibouchina lepidota</i> Bompl. Baill.	Melastomataceae			0,9	0,8
<i>Tillandsia</i> sp.1	Bromeliaceae			0,9	
<i>Trifolium repens</i> L.	Fabaceae				2,0
<i>Uncinia hamata</i> (Sw.) Urb.	Cyperaceae		0,6		1,9
<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth.	Ericaceae	1,7		1,1	
<i>Valeriana microphylla</i> Kunth.	Caprifoliaceae	1,3		0,7	
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae			0,7	
<i>Viola arguta</i> Willd. Ex Roem. & Schult	Violaceae			1,1	1,0

<i>Viola dombeyana</i> DC.	Violaceae			1,1	1,9
<i>Weinmannia cochensis</i> Hieron	Cunoniaceae	4,0		0,8	
<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth	Cunoniaceae		1,3	0,9	
<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	Cunoniaceae		1,6		
<i>Weinmannia glabra</i> L.f.	Cunoniaceae		0,6	0,8	
<i>Weinmannia loxensis</i> Harling.	Cunoniaceae			1,4	
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	Cunoniaceae			0,6	
<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	Cunoniaceae		1,7		
<i>Weinmannia rollotti</i> Killip.	Cunoniaceae			0,7	
<i>Weinmannia rollotti</i> Killip.	Cunoniaceae		3,4		
<i>Xyris subulata</i> Ruiz & Pav.	Xyridaceae	1,3			

Productos forestales no maderables de origen vegetal de cinco comunidades del cantón Yacuambi, Zamora Chinchipe

Non-timber forest products of plant origin in five communities in the Yacuambi canton, Zamora Chinchipe

Segundo Rumiñahui Minga¹, Nelson Jaramillo Diaz², Zhofre Aguirre Mendoza^{3*}

1. Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Loja, Ecuador
2. Técnico del Herbario “Reinaldo Espinosa”. Loja, Ecuador
3. Docente-Investigador de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

*Autor para correspondencia: zhofre.aguirre@unl.edu.ec

Recibido: 15 abril 2017

Aceptado: 16 de junio del 2017

Resumen

Conocer el uso tradicional de las plantas de las comunidades rurales del Ecuador es importante, ya que permite planificar su conservación. Con el propósito de identificar los principales productos forestales no maderables (PFNM) de origen vegetal, usos tradicionales y actuales de los bosques y; conocer la tendencia de la perdida generacional de conocimientos del uso, se estudio cinco comunidades del cantón Yacuambi de la provincia de Zamora Chinchipe. Se aplicaron encuestas a pobladores de las cinco comunidades averiguando sobre el conocimiento y uso de plantas que proveen PFNM. Para comprobar la existencia de las especies se realizó un inventario florístico, instalando 15 transectos de 10 x 50 m. De las entrevistas se reporta el uso de 107 especies vegetales como PFNM, dentro de 93 géneros de 58 familias botánicas; de las cuales 36 se registraron en la comunidad de Tutupali y Chontapamba, 31 en La Esperanza, Cambana 44 y 35 en La Paz. Del inventario en los bosques de las cinco comunidades se registró 104 especies, distribuidos, así: 73 árboles y 31 arbustos; en 71 géneros de 43 familias botánicas. En cuanto a los grupos etarios, los adultos mayores conocen más sobre el uso de las especies, debido a su relación con el bosque. Las categorías de PFNM mas conocidas son: construcción/herramientas de labranza, alimento y bebidas y medicina humana. En los bosques de Yacuambi existen PFNM, que la población local conoce su uso ancestral, pero el aprovechamiento es ocasional, lo cual provoca la perdida generacional de conocimientos.

Palabras claves: etnobotánico, conocimiento generacional, usos de plantas, alternativas sostenibles.

Abstract

Knowing the traditional use of plants in the rural communities of Ecuador is important, since it allows planning their conservation. In order to identify the main non-timber forest products (NTFPs) of plant origin, traditional and current uses of forests and. To know the trend of the generational loss of knowledge of the use, five communities of the Yacuambi canton of the province of Zamora Chinchipe were studied. Surveys were applied to residents of the five communities, finding out about the knowledge and use of plants that provide NTFPs. To verify the existence of the species, a floristic inventory was carried out, installing 15 transects of 10 x 50 m. The interviews reported the use of 107 plant species as NTFP, within 93 genera of 58 botanical families; Of which 36 were registered in the community of Tutupali and Chontapamba, 31 in La Esperanza, Cambana 44 and 35 in La Paz. From the inventory in the forests of the five communities, 104 species were distributed, distributed as follows: 73 trees and 31 shrubs, in 71 genera of 43 botanical families. As for age groups, the elderly know more about the use of the species, due to their relationship with the forest. The most well-known NTFP categories are: construction / tillage tools, food and beverages, and human medicine. In the forests of Yacuambi there are NTFPs, which the local population knows its ancestral use, but the use is occasional, which causes the generational loss of knowledge.

Key words: Ethnobotanical, generational knowledge, plant uses, sustainable alternatives.

Introducción

La diversidad biológica que posee el Ecuador se evidencia en la existencia de una variedad de especies vegetales que a más de ofrecer madera de valor comercial son también fuentes de Productos Forestales no Maderables (PFNM) que lo convierte en un país con una importante y representativa cantidad de éstos.

Estos PFNM cumplen un papel importante en la vida y bienestar de las poblaciones rurales ecuatorianas. Para las comunidades indígenas y campesinas los PFNM son fuentes de alimentos, medicinas, saborizantes, tintes, colorantes, fibras forrajes, energía, aceites, materiales de construcción y usos en ritos religiosos/espirituales, lo cual no genera un valor monetario, pero sí de costos de reemplazo. También en algunas comunidades estos PFNM son la única fuente de empleo y generación de ingresos (Añazco *et al.*, 2010).

Según el MAE (2012), anualmente en el Ecuador continental se deforestan 77 647 hectáreas que corresponde a una tasa de 0,66 %, de las cuales 37 931 hectáreas corresponden a la Región Amazónica. Los bosques húmedos tropicales en la región sur del Ecuador poseen diversidad de recursos florísticos, destacándose especies maderables, medicinales, ornamentales como orquídeas y bromelias que aportan a la megadiversidad del país (Aguirre y Maldonado, 2004; Aguirre, 2008). Esta gran diversidad de recursos ha sido utilizada ancestralmente proveyendo morada, medicina y alimento a las etnias shuar y colonos que habitan y dependen de ellos (Aguirre y León, 2011).

En la provincia de Zamora Chinchipe, la pérdida de recursos forestales es elevada, 11 883 hectáreas por año (MAE, 2012), debido a actividades como: conversión de uso, ampliación de la frontera agrícola y pecuaria, explotación irracional de madera, incendios forestales, minería desordenada, construcción de carreteras, que han provocado la deforestación y por ende la pérdida de los componentes de la biodiversidad y de las funciones como ecosistema (Aguirre y León, 2011); donde el cantón Yacuambi no está ajeno a esta realidad.

El cantón Yacuambi no está ajeno a esta realidad, donde la cobertura vegetal ha sido fuertemente intervenida, especialmente la vegetación riberena por la conversión de uso para la ganadería que es la principal actividad de la población, a más de la minería ilegal. Esto ha provocado que la parte media y baja de esta cuenca carezca de bosque natural.

En la parte media y baja, se han extraído de los bosques las especies valiosas como *Cedrella odorata*, *Cedrellinga cateniformis*, *Podocarpus* spp. Quedan escasos remanentes de vegetación en lugares poco accesibles, predominando a nivel de paisaje los pastos para ganadería (López *et al.*, 2010).

A esto se suma la situación de que la población maneja una visión equivocada de los recursos vegetales disponibles del bosque (Freile *et al.*, 2010; Aguirre y Maldonado, 2004), subvalorando así las potencialidades de los productos no maderables de origen vegetal que han sido parte de su vida. Este proceso de pérdida de uso, tradiciones y costumbres es evidente y, solo los adultos son quienes conocen y aprovechan los PFNM del bosque.

El presente trabajo investigativo contiene información sobre los conocimientos etnobotánicos y tendencia de pérdida de conocimiento de los productos forestales no maderables de cinco comunidades en el cantón Yacuambi de la provincia de Zamora Chinchipe. Se calculó tres índices etnobotánicos: Índice de Nivel de Uso, Frecuencia de Uso de las especies por Categoría y Nivel de Uso Significativo (TRAMIL), de las especies más importantes en cada categoría de uso dentro de cada comunidad y su potencial aprovechamiento. Además, con los resultados obtenidos en campo se calculó parámetros estructurales de la vegetación y se reconoció las especies por parte de los informantes claves para conocer la tendencia de uso entre hombres y mujeres en diferentes grupos etarios.

Materiales y Metodos

Area de estudio

Se ubica en el cantón Yacuambi, provincia de Zamora Chinchipe, a una altitud de 880 a 3805 m s.n.m., abarca una superficie de 1 266 km² (Fundación Ecológica Arcoiris, 2007). Según el MAE (2013) en el área de estudio existen 8 ecosistemas naturales, que lo convierten en un lugar de alta diversidad y endemismo; debido a que aquí conviven tres grupos étnicos: mestizos, indígenas saraguros y nativos shuars, que son poseedoras de conocimientos y prácticas ancestrales vinculadas con el bosque.

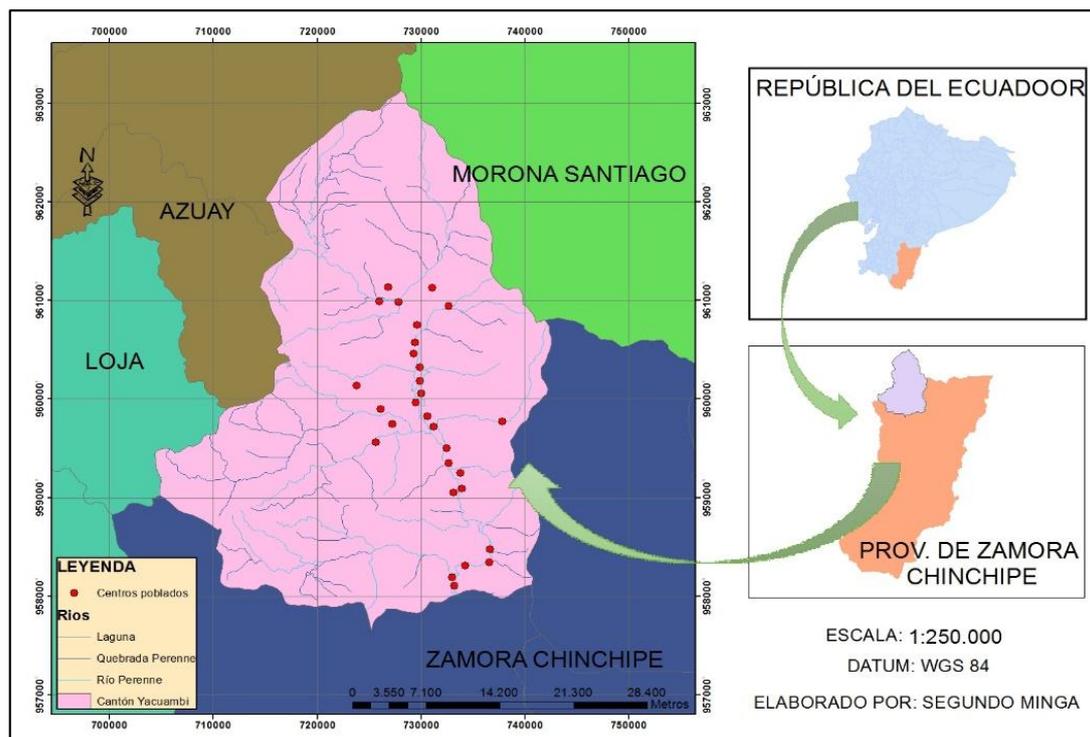


Figura 1. Ubicación geográfica y política del área de estudio, cantón Yacuambi.

El trabajo de campo fue desarrollado en 5 comunidades del cantón Yacuambi: áreas representativas del bosque piemontano del sitio de estudio (ver tabla 1).

Tabla 1. Localidades y ubicación geográfica de los sitios de estudio.

Cantón	Comunidad	Latitud	Longitud	Altitud (m s.n.m.)
Yacuambi	La Paz	9590785	733891	1040
Yacuambi	Cambana	9595010	732095	1045
Yacuambi	Chontapamba	9599789	728903	1200
Yacuambi	La esperanza	9604453	729111	1245
Yacuambi	Tutupali	9609825	727893	1400

Metodología

Identificación de los PFNM de origen vegetal, usos tradicionales y actuales

Para el levantamiento de información se adoptó la metodología usada por Ávila (2010), que consiste en utilizar el método empírico de entrevistas semiestructuradas (Giraldo, 2008; Jiménez *et al.*, 2010). Para determinar el número total de personas a entrevistar en cada comunidad, se empleó la fórmula planteada por Gabaldon (1980) y Torres *et al.*, (s.f.).

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

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: tamaño del universo (total población).

Z: nivel de confianza de la estimación, considerando el 95 % de confianza.

p: probabilidad de aceptación (0,5)

q: probabilidad de rechazo (0,5)

e: margen de error (5 %)

El tamaño de la muestra para cada comunidad se calculó considerando el número de habitantes, trabajando con un total de 260 encuestas. Para la recolección de información sobre el uso de las plantas se utilizó el cuestionario propuesto por la FAO (1996), el cual consiste en encuestas semiestructuradas, aplicadas a personas de ambos sexos, con edades entre 12 a 80 años. Los datos se sistematizaron y analizaron en tablas Excel y se calcularon parámetros de la etnobotánica cuantitativa propuestas por la FAO (1996).

Se empleó el enfoque de sumatoria de usos (VU) (Aguirre, 2013). En esta metodología, el número de usos es sumado dentro de cada categoría de PFNM, para evaluar el valor de uso de una especie.

Frecuencia de uso de las especies por categoría de PFNM.- Para obtener la frecuencia de uso de una especie dentro de una categoría se utilizó el modelo matemático: número de citas de una especie en cada categoría, dividido para la sumatoria total de citas por categoría por 100 (Marín *et al.*, 2005).

Nivel de Uso Significativo TRAMIL (NUS).- Este índice se calcula dividiendo el número de citas para el uso principal de la especie entre el número de informantes encuestados multiplicado por 100. Es un grado de consenso en el uso de las especies y de la importancia cultural de esas plantas en las comunidades investigadas. Expresa que aquellos usos que sean citados con una frecuencia superior o igual al 20 %, por las personas encuestadas que usan plantas como primer recurso para un determinado uso, pueden considerarse significativos desde el punto de vista de su aceptación cultural y, por lo tanto merecen su evaluación y validación (Carrillo y Moreno, 2006).

Tendencia de la pérdida generacional de conocimientos de los usos de los PFNM de origen vegetal

Para verificar las especies que proveen PFNM, en un área boscosa circundante a cada comunidad se establecieron 3 transectos temporales de muestreo de 50 x 10 m, ubicadas a 100 m de distancia entre cada uno, dando un total de 15 transectos; se registraron todos los individuos arbóreos y arbustivos con énfasis en los que proveen PFNM. Se colectaron muestras botánicas para ser identificadas en el herbario LOJA. Se señaló con una cinta plástica de color rojo un individuo de cada especie (árboles, arbustos) para que luego cada informante clave valide la información recabada, sobre los diferentes usos de cada especie. Con los datos obtenidos en campo se calcularon: la densidad relativa (Dr %), frecuencia relativa (Fr %) e índice de valor de importancia (IVI) para cada especie reconocida como PFNM.

Tendencias de uso y conocimiento entre hombres, mujeres, grupos etarios

Señaladas todas las plantas en los transectos, se realizó recorridos y visitas de campo con los informantes claves; con la participación de 32 personas, en cada una de las comunidades, considerando sexo y grupos etarios (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución de los informantes por sexo y grupos etarios de cada comunidad.

Sexo	Grupos de edad años			
	Muy jóvenes	Jóvenes	Adultos	Adultos mayores

	12-21	22-35	36-60	> 60
Masculino	4	4	4	4
Femenino	4	4	4	4
Total	8	8	8	8

Se trabajó individualmente con cada persona aplicando la matriz-encuesta que considera las categorías de PFM de origen vegetal según la FAO (1996). Con los datos obtenidos y registrados en los cuestionarios, se determinó las tendencias de los valores de uso, separado conocimientos entre hombres, mujeres y grupos de edades. Situación que permitió precisar la pérdida y/o mantenimiento de conocimientos entre las generaciones en estudio.

Resultados

Diagnóstico general de PFM

De las encuestas realizadas a la población local se registran 107 especies, dentro de 93 géneros y 58 familias botánicas (Tabla 3), entre árboles, arbustos, hierbas y lianas.

Tabla 3. Especies registradas por comunidad en el cantón Yacuambi.

Comunidad	Número de especies	Número de géneros	Número de familias
Tutupali	36	31	26
La Esperanza	32	31	27
Chontapamba	37	35	30
Cambana	45	41	28
La Paz	36	35	27

Valor de Uso de las Especies (VU)

De acuerdo a la categoría de uso, las especies con el valor más alto son *Psidium guajava* (33,3 %) y *Heliocarpus americanus* (26,6 %) (ver Tabla 4)

Tabla 4. Especies del bosque con mayor valor de uso, de 5 comunidades del cantón Yacuambi.

Especie	Categoría de Uso													VU %	
	AB	AE	Art	M.H	M.V	Tox.	L/R	C/T	Fo.	M/R	Or	MI	FI		MC/H
<i>Psidium guajava</i> L.	X		x	x	x				x						33,33
<i>Heliocarpus americanus</i> L.			x		x							x	x		26,67
<i>Ocotea quixos</i> (Lam.) Kosterm	X		x											x	20,00
<i>Cedrela odorata</i> L.			x									x		x	20,00
<i>Agavea americana</i> L.			x			X							x		20,00

Categorías de PFM: 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 de insectos; Fi = Fibra para cercos, sogas y construcciones; MC/H = Materiales de construcción/Herramienta de labranza.

Frecuencia de uso de las especies por categoría de PFSM del bosque

En la figura 2 se muestra el número de especies que fueron citadas dentro de cada categoría de uso como PFSM.

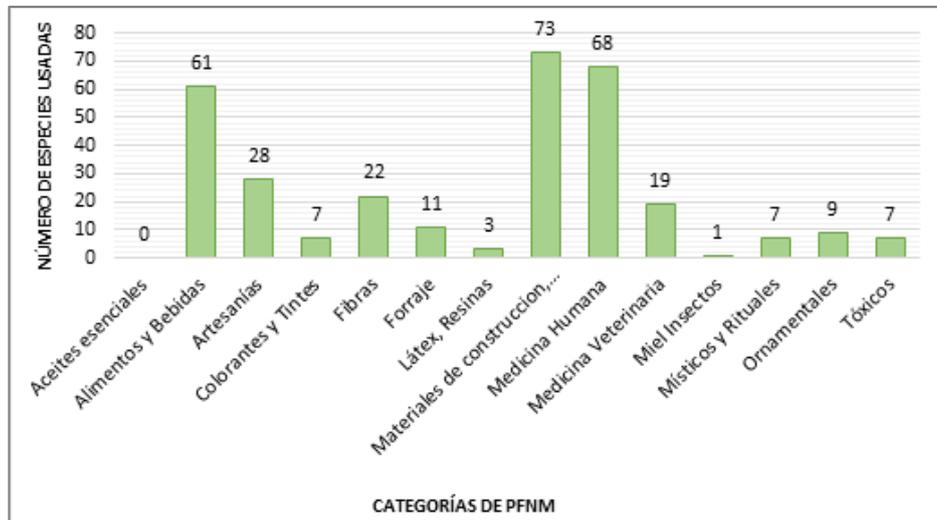


Figura 2. Números de especies usadas en cada categoría de PFSM, en 5 comunidades del cantón Yacuambi.

En la categoría materiales de construcción/herramientas de labranza, de las 73 especies empleadas *Cedrela odorata* (12,30 %), *Ladenbergia* sp. (11%), *Piptocoma discolor* y *Endlicheria formosa* (8,22 %) presentan la mayor frecuencia de uso.

En medicina humana, de las 68 especies citadas, las de mayor frecuencia de uso son: *Cestrum auriculatum* (7,35 %) y *Piper aduncum* (5,88 %). En la categoría alimentos y bebidas, de las 61 especies citadas, *Wettinia kalbreyeri* (8,20 %), *Pouteria caimito*, *Bactris gasipaes* y *Pourouma cecropiifolia* (6,60 %), son las que presentan mayor frecuencia de uso.

La categoría artesanías incluye 28 especies citadas, las de mayor frecuencia de uso son *Endlicheria formosa* (21,40 %), *Ladenbergia* sp. (17,90 %) y *Heliocarpus americanus* (10,70 %). En la categoría fibras para sogas, de las 22 especies *Heliocarpus americanus* 31,80 %, *Agavea americana* con 27,30 y *Sida rhombifolia* con 18,20 %, presentan la mayor frecuencia de uso.

Para la categoría medicina veterinaria se citan 19 especies; las de mayor frecuencia de uso son: *Costus comosus* (36,80 %), *Heliocarpus americanus* (21,10 %) y *Xanthosoma* sp. (21,10 %). En la categoría forraje 11 especies; siendo las de mayor frecuencia de uso: *Axonopus scoparius* (36,40 %) y *Dactylis glomerata* (18,20 %).

La categoría ornamental tiene 9 especies citadas; las de mayor frecuencia de uso son: *Huntleya gustavi* (44,40 %), *Epidendrum coclidium* y *Lophosoria cuadripinnata*

(22,20 %). En la categoría de colorantes y tintes, una especie citada; *Visma confertiflora* con una frecuencia de uso del 100 %. En la categoría místico/rituales tiene 7 especies citadas; las de más alta frecuencia de uso son: *Monsoa alliaceae* y *Marila magnifica* (29 %).

Referente a la categoría tóxico pescar/lavar/insecticidas, las usadas son: *Xanthosoma* sp. (42,86 %) y *Lonchocarpus nicou* (28,57 %). Para la categoría látex y resinas la especie más utilizada es *Dacryodes peruviana* con 67 % de frecuencia de uso. En la categoría miel de insectos se cita una especie, con una frecuencia del 100 %, ésta es *Cedrela montana*.

Categorías de uso de las especies vegetales de las cinco comunidades del cantón Yacuambi.

En la figura 3, se observa la categoría de uso que dan los habitantes a las plantas en las 5 comunidades estudiadas, el mayor porcentaje de uso es para materiales de construcción/herramientas de labranza, medicina, alimentos y bebidas. Además, se presenta la variedad de usos que los habitantes dan a las especies vegetales del bosque, para satisfacer sus necesidades diarias.

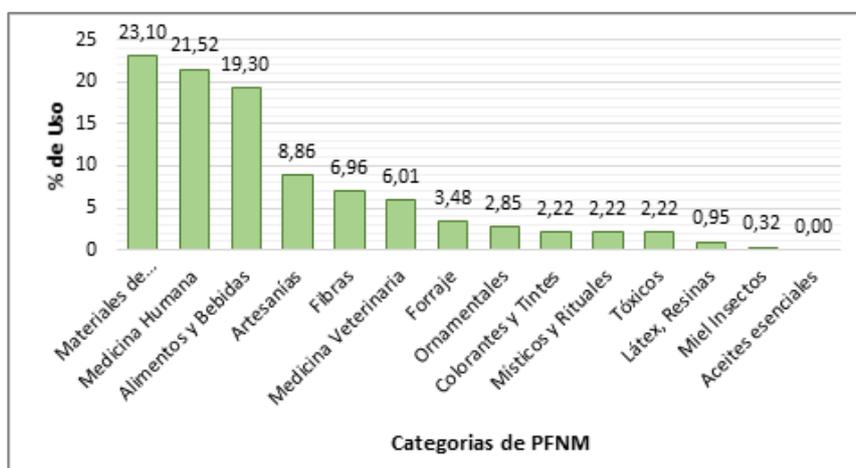


Figura 3. Categoría de uso de las especies vegetales del bosque en las cinco comunidades estudiadas.

Nivel de Uso Significativo (TRAMIL) de las especies con usos reportados en el cantón Yacuambi

No se encontró especies que alcancen el nivel de uso significativo (TRAMIL) recomendado, los valores de las especies nombradas fueron menores al 20 % (Tabla 5). Las especies con mayor importancia social y cultural dentro de las comunidades estudiadas son: *Ladenbergia* sp., *Cedrela odorata*, *Platymiscium pimatum*, que corresponden a la categoría materiales de construcción/herramienta de labranza.

Tabla 5. Especies con más alto valor de uso significativo (Trámil) de las 5 comunidades estudiadas en el cantón Yacuambi.

Espece	N. común	Comunidad	# de Citaciones	NUS TRAMIL (%)
<i>Ladenbergia</i> sp.	Juan Colorado	Tutupali	8	10,81
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	Tutupali	6	8,11
<i>Platymiscium pimatum</i> (Jacq) Dugand	Almendro	La Paz	3	6,98
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Balsa	Chontapamba	3	6,38
<i>Dacryodes peruviana</i> (Loes.) J.F. Macbr.	Copal	Esperanza	2	5,71
<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart	Sacha uva	Esperanza	2	5,71
<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Chilca/ Pigue	Cambana	3	4,92
<i>Citrus limetta</i> Risso	Limón dulce	Cambana	3	4,92
<i>Visma confertiflora</i> Spruce ex Rchb.	Achotillo	Chontapamba	2	4,26

Existencia de las especies reportadas con usos como PFSM en las cinco comunidades del canton Yacuambi.

En los bosques y vegetación se registraron 104 especies agrupadas en 71 géneros y 43 familias, de las cuales 73 especies son árboles y 31 arbustos. En el cuadro 5 se muestran los parámetros estructurales de las 10 especies con los valores mas representativos.

Las especies con mayor densidad son: *Miconia punctata* (255 ind/ha) (9,04 %), *Chamaedorea pinnatifrons* (204 ind/ha) (7,24 %); *Wettinia kalbreyeri* (205 ind/ha) (7,29 %) e *Inga acreana* (104 ind/ha) (3,69 %).

Las especies más frecuentes son: *Miconia punctata* y *Chamaedorea pinnatifrons* (3,27 %), *Psychotria gentryi* y *Nectandra reticulata* con 3,03 %.

Las especies ecológicamente más importantes son: *Miconia punctata* (6,16 %), *Chamaedorea pinnatifrons* (5,26 %), *Wettinia kalbreyeri* (4,78 %), *Inga acreana* (3,23 %) y *Psychotria gentryi* (3,12 %).

Tabla 6. Parámetros estructurales de las diez especies representativas en los transectos estudiadas en las cinco comunidades del cantón Yacuambi.

Espece	Familia	Número total de individuos	(D) ind/ha	DR (%)	FR (%)	IVe
<i>Miconia punctata</i> (Desr.) D. Don ex DC	MELASTOMATACEAE	191	255	9,04	3,27	6,16
<i>Chamaedorea pinnatifrons</i> (Jacq) Oerst.	ARECACEAE	153	204	7,24	3,27	5,26
<i>Wettinia kalbreyeri</i> (Burret) R. Bernal	ARECACEAE	154	205	7,29	2,26	4,78
<i>Inga acreana</i> Harms	MIMOSACEAE	78	104	3,69	2,76	3,23
<i>Psychotria gentryi</i> (Dwyer) C.M. Taylor	RUBIACEAE	68	91	3,22	3,02	3,12
<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav) Mez	LAURACEAE	62	83	2,94	3,02	2,98
<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	ARECACEAE	67	89	3,17	2,51	2,84
<i>Miconia calvescens</i> DC.	MELASTOMATACEAE	67	89	3,17	2,01	2,59
<i>Palicourea guianensis</i> Aubl.	RUBIACEAE	53	71	2,51	2,51	2,51

<i>Endlicheria Sericea</i> Nees	LAURACEAE	50	67	2,37	2,01	2,19
---------------------------------	-----------	----	----	------	------	------

D= Densidad; DR= Densidad Relativa; F= Frecuencia Absoluta; FR= Frecuencia Relativa; IVI= Índice Valor de Importancia

Tendencia de conocimientos de los usos de PFTM por sexo y grupo etario en el cantón Yacuambi

En zonas boscosas de las 5 comunidades del cantón Yacuambi, se registraron 104 especies, de las cuales 101 son reconocidas por los hombres (97,12 %) y 98 especies por las mujeres (94,23 %) correspondiente a cuatro grupos etarios. El grupo etario 12-21 años, en el caso de los hombres conocen más especies que las mujeres (61 vs, 40 especies), en el grupo mayor a 60 años el conocimiento es mayor en las mujeres (94 vs 86 especies), esto se debe a que las mujeres utilizan más los PFTM del bosque, mientras que los hombres solo aprovechan la madera (ver tabla 7).

Tabla 7. Nivel de conocimiento de las especies por sexo y grupo etario.

CONOCIMIENTOS										
Grupos Etarios	Adolescentes		Jóvenes		Adultos		Adulto mayor		Conocimiento general	
Edad	12 – 22		23 - 35		36 – 60		> 60			
Sexo	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Número de especies conocidas por hombres y mujeres	61	40	82	79	86	74	86	94	101	98
Porcentaje de especies conocidas por hombres y mujeres	58,65	38,46	78,85	75,96	82,69	71,15	82,69	90,38	97,12	94,23

Tendencia de conocimiento y uso actual en el cantón Yacuambi

La tendencia de conocimiento y uso es diferente según los grupos etarios, así: en el grupo etario 12 – 22 años, 236 citaciones indican que saben el uso, pero nunca han utilizado, 137 citan que usaban, pero ahora no y 95 citaciones indican que siguen usando.

En el grupo etario 22 – 35 años, 178 citaciones, muestran que conocen su uso de las plantas, pero nunca han utilizado, 336 citan que usaron pero ahora no y 189 siguen usando.

En el grupo etario 36 – 60 años, 157 mencionan que saben el uso de las plantas, pero nunca han utilizado, 395 citaron que usaban antes pero ahora no y 199 citaron que siguen usando.

El grupo etario mayores de 60 años, 540 citaciones, mencionan que de las especies saben el uso, pero nunca han utilizado, 510 citaron que usaban antes pero ahora no, 203 indican que siguen usando algunas de estas especies encontradas en el bosque (ver tabla 8).

Tabla 8. Resumen de tendencia de uso en conocimiento y especie, en 5 comunidades del cantón Yacuambi.

Especie	GRUPO ETARIO											
	Adolescentes			Jóvenes			Adultos			Adulto mayor		
	12 - 22			23 - 35			36 - 60			> 60		
	Tendencia de Uso			Tendencia de Uso			Tendencia de Uso			Tendencia de Uso		
	Valor de uso			Valor de uso			Valor de uso			Valor de uso		
VU1	VU2	VU3	VU1	VU2	VU3	VU1	VU2	VU3	VU1	VU2	VU3	
La Paz	44	27	20	34	66	42	29	74	42	8	103	40
Cambana	49	29	22	35	67	37	32	83	41	14	99	37
Chontapamba	51	31	18	33	70	36	31	76	37	12	98	45
La Esperanza	45	23	19	35	68	39	27	79	39	11	106	42
Tutupali	47	27	16	41	65	35	35	81	40	9	104	39
Total	236	137	95	178	336	189	154	393	199	54	510	203

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

DISCUSIÓN

Especies útiles como PFNM de cinco comunidades del cantón Yacuambi

Según las entrevistas aplicadas a la población de las 5 comunidades del cantón Yacuambi, se obtuvo un listado de 107 especies que proveen PFNM, resultado similar a lo reportado por Guerrero y Luzón (2012) que reportan 104 especies silvestres útiles en la cuenca del río San Francisco; cercanamente igual a lo reportado por Santín (2003) que identificó 135 especies entre árboles, arbustos, hierbas y lianas en comunidades del alto Nangaritzá y menor al estudio realizado por Guayllas y Luzuriaga (2008) en la parroquia San Francisco del Vergel, que registraron 286 especies entre árboles, arbustos, hierbas, lianas y epifitas.

Categorías de uso

El conocimiento que poseen los habitantes de las 5 comunidades sobre los usos y potencialidades que tienen las plantas es elevado, en sus diferentes categorías: construcción, medicina, comestibles, artesanías, fibras, colorantes y tintes, forraje, ornamentación místicas, tóxicos, látex y resinas.

La categoría de uso más importante en las cinco comunidades estudiadas, es materiales de construcción/herramientas para construcción; resultados diferentes a los reportados por Guayllas y Luzuriaga (2008) y Santín (2003), ellos reportan categorías como alimentos y bebidas o medicinales como las de mayor importancia.

En cuanto a medicina humana existe diversidad de especies (árboles, arbustos y hierbas), que son usadas para este fin, donde las mujeres poseen el mayor conocimiento de las propiedades medicinales; esto es corroborado por Guayllas y Luzuriaga (2008),

indicando que los hombres se dedican a otras actividades como la agricultura, explotación de madera y ganadería, aspectos ratificados por Guerrero y Luzón (2012).

Los adolescentes y jóvenes demuestran bajo conocimiento sobre el uso de las plantas, debido a la facilidad de acceso a la medicina farmacéutica; donde las comunidades cuentan con dispensario médico; Arévalo y Cajilima (2014) ratifican esta información, indicando que los jóvenes han rezagado este importante aspecto de su identidad cultural.

De otro lado las familias botánicas Solanaceae, Piperaceae, Verbenaceae y Euphorbiaceae son las más importantes porque contienen plantas útiles para los habitantes de las comunidades en estudio, resultado similar a lo reportado por Arévalo y Cajilima (2014) en un estudio etnobotánico en el cantón Yanzatza, indicando a las familias Asteraceae, Piperaceae, Solanaceae, Verbenaceae y Zingiberaceae como las más representadas; pero difieren con lo registrado por Jimbo y Poma (2003) que indican a Ciperaceae, Juncaceae y Zingiberaceae como las más importantes.

En la categoría alimentos y bebidas se identificaron 61 especies comestibles, similar a lo registrado por Cabrera (1998) quién reportó 67 especies; además, Santín (2003) registra 57 especies y, Guayllas y Luzuriaga (2008) registraron 23 especies comestibles.

La mayoría de los informantes indican consumir frutas silvestres del bosque, de las especies: *Wettinia kalbreyeri*, *Pouteria caimito*, *Bactris gasipaes* y *Pourouma cecropiifolia*, información similar a lo reportado por Namicela (2010).

El uso de algunas partes de plantas para elaborar artesanías fue mencionado por los adultos mayores y algunos jóvenes, especialmente empleando raíces, tallos, frutos y semillas de algunos árboles para realizar monturas, figuras de barcos, animales silvestres, cabos de picos y hachas. Actualmente la elaboración de monturas y cabos se ha reducido ya que la mayoría de las personas adquiere en los mercados, información corroborada por Costa y Cañar (2008) en un estudio en la parroquia Guadalupe, Zamora Chinchipe.

La medicina veterinaria natural en las comunidades se ha reducido, debido a que actualmente reciben asistencia técnica por parte del gobierno provincial de Zamora Chinchipe, a pesar de esto existen algunas prácticas interesantes como dar de beber agua hervida de *Heliocarpus americanus* que ayuda a la circulación en la digestión de los animales así lo señalan también Costa y Cañar (2008).

En las comunidades de Yacuambi, el uso de hierbas como *Axonopus scoparius* y *Dactylus glomerata*, *Setaria sphacelata* y *Brachiaria brizantha* como forraje para el ganado bovino, equino y cobayos, es una práctica tradicional, esta información difiere a lo registrado por Guayllas y Luzuriaga (2008) que mencionan solo a *Brachiaria brizantha* como forraje. En esta categoría se destaca la actividad de recolección de frutos de *Psidium guajava* para alimentar a cerdos, información corroborada por Andrade y Jaramillo (2012).

La domesticación de especies silvestres para ornamentación se ha incrementado con el desarrollo económico de la sociedad; las áreas para jardines en zonas urbanas y rurales son comunes, para lo cual se selecciona especialmente: *Huntleya gustavi*, *Epidendrum*

cocblidium, *Lophosoria cuadripinnata* y *Anthurium* sp., esto es corroborado por Costa y Cañar (2008).

Monsoa alliaceae, es empleado en los rituales para alejar los malos aires y es amuleto de protección de la mala suerte, información corroborada por Namicela (2010) y Costa y Cañar (2008). *Marila magnifica* también es considerada en usos místicos y rituales, ya que se utiliza en ceremonias religiosas, información proporcionada también por Guayllas y Luzuriaga (2008).

Existen especies considerados toxicas entre ellas: *Xanthosoma* sp. y *Lonchocarpus nicou* que actualmente se utilizan poco, debido a que existe la prohibición de su uso por los efectos que ocasionan, este resultado corrobora lo reportado por Jimbo y Poma (2003) que indica a *Banisteriopsis caapi* como un alucinógeno en las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago.

Composición florística comprobada con el muestreo

El número de especies registradas como plantas útiles en las entrevistas fue de 107, mientras que de los inventariados en campo se reportan 104 especies, de las cuales 25 son iguales entre sí, y el resto son especies diferentes. Esto posiblemente se deba a que las personas entrevistadas aún tienen conocimientos de lo que existían en sus bosques, ya que en la actualidad se trata de áreas fragmentadas, esta información es corroborado por Guayllas y Luzuriaga (2008); Costa y Cañar (2008) y Namicela (2010), que mencionan que el suroriente del Ecuador está alterado por la conversión de uso de los bosques, especialmente para la ganadería y, que la biodiversidad se encuentra en un proceso de deterioro constante.

Se registraron 104 especies pertenecientes a 71 géneros y 43 familias entre arbóreas y arbustivos, comparando con estudios realizados en otros sitios de la provincia Zamora Chinchipe, comprobando que la diversidad es menor a lo registrado por Guayllas y Luzuriaga (2008) que identificaron 286 especies entre árboles, arbustos, hierbas, lianas y epífitas; así también Guerrero y Luzón (2012) identificaron 393 especies dentro de 193 géneros y 93 familias entre árboles, arbustos, hierbas, lianas y epífitas.

Las comunidades estudiadas son medianamente diferentes en aspectos florísticos, debido a su ubicación geográfica y grados de intervención antrópica, así algunos ejemplos: en la comunidad La Paz existe *Iriartea deltoidea*, *Pouteria torta*, especies que no se encontraron en Tutupali, en cambio aquí crecen especies como: *Podocarpus oleifolius*, *Weinmannia macrophylla* que no están presentes en otras comunidades.

Pérdida de conocimientos de usos de los PFSM de origen vegetal en el bosque

No existe diferencia en el conocimiento de uso de las especies del bosque, entre hombres y mujeres: así, los hombres reconocen un 97,12 % y las mujeres 94,23 %; Costa y Cañar (2008) en su estudio en la parroquia de Guadalupe mencionan que el hombre conoce más, debido a que sus labores exigen mayor relación con el bosque. Mientras Guerrero y Luzón (2012) en su estudio señalan que son las mujeres (73,3 %) las que demuestran mayor conocimiento de las especies que los hombres (26,7 %).

En cuanto a los grupos etarios, los adultos mayores son aquellas que más conocen sobre el uso de las especies, debido a su constante relación con el bosque, las necesidades diarias y actividades agropecuarias que realizan, seguido por los adultos, jóvenes y por último los adolescentes que poseen menos conocimientos sobre los usos de las plantas.

Según Namicela (2010), el conocimiento promedio de las especies en la categoría adultos (26 a 40 años) es de 95,8 %, mientras que en los jóvenes (12 a 25 años) es de 66,7 %, lo que refleja la disminución del conocimiento en los jóvenes, especialmente en especies con utilidades tóxicas, colorantes, madera y forraje, información ratificada por esta investigación. En la categoría adulto mayor el conocimiento promedio de las especies tiene un valor de 95,4 %, esto demuestra un elevado conocimiento en el uso de las plantas, debido a que tienen relación directa con el bosque cuando realizan sus trabajos, lo que es corroborado por Guayllas y Luzuriaga (2008), que manifiestan que las personas ancianas son las que más conocen sobre el uso de las plantas, seguido de los adultos y por último los jóvenes.

Conclusiones

- Según las encuestas realizadas en cinco comunidades del cantón Yacuambi se registran 107 especies dentro de 93 géneros de 58 familias botánicas, entre árboles, arbustos, hierbas y lianas, que proveen PFSM; mientras que en el muestro de campo se identificó la existencia de 104 especies agrupadas en 71 géneros y 43 familias, de las cuales 73 son arboles de 48 géneros y 31 familias. De las especies registradas en el muestreo 25 coinciden con las registradas en las entrevistas, las demás son recolectadas en huertos, potreros, riveras de ríos y quebradas.
- Las especies vegetales que proveen PFSM de los bosques de las cinco comunidades del cantón Yacuambi, se agrupan principalmente en las categorías: materiales de construcción/herramientas de labranza (73 especies), alimentos y bebidas (61 especies), artesanías (28), fibra para sogas, cercos y construcciones (22), medicina veterinaria (19), forraje (11), ornamental (9), colorantes/tintes, místico/rituales y tóxicos (pescar/lavar/insecticida) (7), látex, resinas (3) y miel de insectos (1 especie).
- Las especies con mayor valor de uso en las cinco comunidades son: *Psidium guajava*, *Heliocarpus americanus*, *Ocotea quixos* y *Cedrela odorata*.
- Las especies con mayor frecuencia de uso dentro de las categorías son: para alimentos y bebidas: *Wettinia kalbreyeri*, *Pouteria caimito*, y *Pourouma cecropiifolia*; en medicina humana: *Cestrum auriculatum*, *Nasturtium officinale*; en medicina veterinaria: *Costus comosus* *Heliocarpus americanus*, como tóxicos (pescar/lavar/insecticida): *Xanthosoma* sp., *Lonchocarpus nicou*; para colorantes y tintes; *Visma confertiflora* para forraje; *Axonopus scoparius* para místico/rituales: *Monsoa alliaceae* y *Marila magnifica*; como ornamental: *Huntleya gustavi*, *Epidendrum cocblidium* para miel de insectos; *Cedrela montana* como fibra para sogas, cercos y construcciones: *Heliocarpus*

americanus, y para material de construcción/herramientas de labranza *Cedrela odorata* y *Ladenbergia* sp.

- El conocimiento de uso por sexo (hombres y mujeres) en las comunidades estudiadas en el cantón Yacuambi es similar, es decir hombre y mujeres conocen por igual.
- Los pobladores de las comunidades cercanas al bosque mencionan conocer el uso de la mayoría de especies, pero sin haber practicado su uso, es decir, que la mayoría de gente conoce, pero no utiliza, la población prefiere utilizar productos que se encuentran elaborados en el mercado, la tradición de uso se está perdiendo, especialmente en los jóvenes.
- Las causas que ha provocado la pérdida de conocimientos de uso es la migración de las personas hacia las ciudades. Los jóvenes y adultos son quienes migran de forma temporal; las mujeres generalmente migran por temporadas más largas o de forma definitiva hacia otras ciudades, para dedicarse a trabajos propios de cada sexo y edad.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z. (2008). Diversidad florística de la provincia de Zamora Chinchipe. Revista Naturaleza y Desarrollo. 1(1):71-80.
- Aguirre, Z. y León, N. (2011). Sobrevivencia y crecimiento inicial de especies vegetales en el Jardín Botánico de la quinta El Pادمي, Zamora, Chinchipe. Revista Arnaldoa 18(2): 115 – 122
- Aguirre, Z. y Maldonado, N. (2004). Ecosistemas, Biodiversidad, Etnias y Culturas de la Región Amazónica Ecuatoriana. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 162 p.
- Andrade, J. y Jaramillo, L. (2012). Potencialidad y Tradiciones de Usos de Productos Forestales No Maderables de origen vegetal de los bosques estacionalmente secos de Macará, Provincia De Loja. Tesis Ing. For. Loja. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. 188 p.
- Añazco, M., Morales, M., Palacios, E., Vega, E. y Cuesta, A. (2010). Sector Forestal Ecuatoriano: Propuesta para una gestión forestal sostenible. Serie Investigación y sistematización N° 8. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION. Quito.
- Arévalo, D. y Cajilima, J. (2014). Estudio etnobotánico en cinco comunidades amazónicas e implementación de una sección de plantas medicinales nativas en el Jardín Botánico El Pادمي, cantón Yanzatza y el Pangui, provincia de Zamora Chinchipe. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja, Ec., 145 p.
- Ávila, M. (2010). Estudios de los productos forestales no maderables de Pizarras, Viñales, Pinar del Río, Cuba. 212 p.

- Cabrera, C. (1998). Identificación de árboles y Arbustos silvestres con Uso Alimenticio en la Provincia de Zamora Chinchipe. Tesis Ing. For. Loja, Ec., Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas. 119 p.
- Costa, A y Cañar M. (2008). Etnobotánica de tres comunidades rurales en la parroquia Guadalupe del cantón Zamora. Tesis Ing. Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja, Ec 256 p.
- FAO. (1996). Desarrollo de productos forestales no madereros en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 61 p.
- Freile, J., Moscoso, P. y Félix, C. (2010). La magia de los Tepuyes del Nangaritza: una guía para conocer a sus habitantes. Conservación Internacional Ecuador. Quito, Ecuador. 70 p.
- Gabaldon, M. (1980). Algunos conceptos de muestreo. División de Publicaciones. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 51 p.
- Giraldo, E. (2008). La entrevista semiestructurada como instrumento clave en investigación. Consultado el 09 de febrero del 2015. Disponible en: <http://tesiscualitativa.blogspot.com/2008/10/la-entrevista-semiestructurada-como.html>.
- Guayllas, V. y Luzuriaga, E. (2008). Productos no maderables de los bosques nativos de la parroquia San Francisco del Vergel, Cantón Palanda, Provincia Zamora Chinchipe. Tesis Ing. For. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, 220 p.
- Guerrero, J. y Luzón, S. (2012). Evaluación de los principales productos forestales no maderables de origen vegetal de la cuenca del río San Francisco, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe. Tesis Ing. For. Loja, Ec., Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. 166 p.
- Jimbo, L. y Poma, R. (2003). Estudio etnobotánico de plantas nativas con raíces y tallos útiles de Zamora Chinchipe y Morona Santiago. Tesis Ing. For. Loja, Ec., Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. 178 p.
- 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.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2012). Estimación de la tasa de deforestación del Ecuador continental. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Namicela, I. (2010). Estudio Etnobotánico de las comunidades Shuar del Cantón El Pangui. Tesis Ing. Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Loja, Ec., Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. 199 p.

Santín, F. (2003). Etnobotánica de comunidades de la zona alta del río Nangaritza. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional de Loja. AARNR. Loja, Ec. 12 p.

La producción forestal una actividad con alto potencial en el Ecuador requiere un cambio de visión

Forest production an activity with high potential in Ecuador requires a change of vision

Napoleón López^{1*}; Muñoz Johana¹

¹ Docentes-Investigadores de la Universidad Nacional de Loja, Carrera Ingeniería Forestal, Loja, Ecuador

*autor por correspondencia: napoleon.lopez@unl.edu.ec

Recibido 31 de abril del 2017

Aceptado: 20 de junio del 2017

Resumen

Una silvicultura planificada con asistencia técnica, exige la aptitud forestal de especies a forestar para atender necesidades de madera locales; la desordenada promoción en manos de la buena voluntad de aficionados y de la propia naturaleza, sugiere urgentes cambios de la realidad silvícola del país. Rendimientos de 6 a 10 m³/ha/año que es la producción del bosque nativo, no puede competir con rendimientos de 60 a 100 m³/ha/año de plantaciones forestales alcanzada por países vecinos; el aprovechamiento del 10 % de madera comercial por tala selectiva, procedimientos obsoletos y bajo nivel tecnológico dista mucho del 80 % alcanzado en plantaciones; la extracción selectiva del 5 % de especies comerciales de bosque, significa pérdida del 95 % de la biodiversidad al complementarse con cambios de uso del suelo. La nueva visión debe tener presente una posibilidad de generación de empleo, selección de sitios y especies, que signifique reducción de costos económicos, ambientales y sociales, que lejos de ocasionar impactos negativos sea aliada a la conservación y disminuya la presión sobre los bosques y pérdida de la biodiversidad, a más de su aporte significativo a la reducción del calentamiento global.

Palabras clave: aprovechamiento, bosques, madera, silvicultura, tecnología

Abstract

A planned forestry with technical assistance, requires the forestry aptitude of species to be forested to meet local wood needs; the disorderly promotion in the hands of the good will of amateurs and of the own nature, suggests urgent changes of the silvicultural reality of the country. Yields of 6 to 10 m³ /ha /year that is native forest production, can not compete with yields of 60 to 100 m³ /ha /year of forest plantations reached by neighboring countries; the use of 10 % of commercial timber by selective logging, obsolete procedures and low technological level is far from the 80 % achieved in plantations; the selective extraction of 5 % of commercial forest species means 95 % loss of biodiversity as it is complemented by changes in land use. The new vision must take into account a possibility of employment generation, selection of sites and species, which means cost reduction, economic, environmental and social, which far from causing negative impacts is allied to conservation and reduces pressure on forests and loss of biodiversity, in addition to its significant contribution to the reduction of global warming.

Key Words: harvesting, forests, wood, forestry, technology

Introducción:

La oportunidad de tratar este tema que el país y particularmente Loja requiere en una época de cambio de gobierno, es oportuno contribuir a impulsar una actividad productiva, que permita aprovechar la potencialidad forestal reconocida desde los diferentes planes de ordenamiento territorial, estudios y diagnósticos desarrollados por diferentes entidades tanto públicas como privadas. (Subcomisión Ecuatoriana PREDESUR 2003; Consejo Ambiental Regional, 2006; Gobierno Provincial Loja, 2006)

Visualizar una silvicultura productiva es hablar de **mayores rendimientos**, mejorar la productividad, planificar para satisfacer la **demandas de madera** como materia prima, pero también como una actividad productiva que puede generar empleo y reducir costos para elevar su nivel competitivo

Es importante analizar algunos aspectos que han marcado, el poco impulso dado a esta actividad, pero más que buscar culpables es necesario hacer mea culpa, encontrar razonamientos y criterios valederos para mejorar la direccionalidad en esta actividad que cada vez va disminuyendo posibilidades por falta de acción de los actores comprometidos con su crecimiento, la responsabilidad social y ambiental a la que puede contribuir.

Por tanto el objetivo de este análisis es cambiar la visión mantenida de una silvicultura productiva estancada, poco tecnificada, sin direccionar su aprovechamiento, semejando una producción natural. Como en muchas otras actividades el Estado, debe planificar, impulsar y desarrollar plantaciones y no seguir devastando los bosques nativos; hay que ver en la silvicultura la dinámica de **generación de empleo** y fuentes de trabajo en toda la cadena productiva, desde viveristas en sectores rurales a operadores en sectores industriales, desde artesanos en sectores de la economía popular y solidaria a empresarios en sectores comerciales; finalmente desde lo económico no se puede ver exclusivamente como una propuesta para el mercado y generación o ahorro de divisas, sino pensando en la **reducción de costos** que permita ser más competitivos en actividades complementarias, una silvicultura que lejos de tener impactos negativos sea aliada a la conservación y disminuya la presión sobre los bosques y pérdida de la biodiversidad, a más de su aporte significativo a la reducción del calentamiento global.

Mejorar rendimientos en la producción forestal

La producción y aprovechamiento forestal es el núcleo básico de la profesión forestal, que pese al avance en la formación de recursos humanos, no es suficiente y requiere del impulso del Estado y sectores productivos para desarrollar la forestación como una actividad productiva a través de los programas de forestación y reforestación, pero con objetivos claros, cultivos tecnificados y un óptimo aprovechamiento; sin embargo esta actividad ha perdido vigencia en la aplicación profesional debido a factores externos como: cambio en la política estatal para el sector forestal, la eliminación de los programas estatales de reforestación, y fomento del manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales.

Recientemente los programas de reforestación se están retomando, la reforestación con fines de protección y recuperación de áreas degradadas, es necesaria, pero también es necesaria la reforestación productiva. Atender necesidades de materia prima desde un bosque nativo, significa diez veces mayor destrucción en superficie en relación al abastecimiento que puede brindar una hectárea de bosque plantado.

El soporte tecnológico de la silvicultura para asegurar la adaptabilidad, productividad y sostenibilidad del recurso forestal, tiene que ver con los adelantos genéticos, hibridación de especies, clonación y micro propagación, que permitan masificar la propagación. En otros casos la selección de semillas y mejoramiento genético mediante huertos semilleros para obtener semilla certificada son algunos de los avances, lo cual en el Ecuador y particularmente las carreras de Ingeniería Forestal se han quedado en pequeños ensayos.

Las innovaciones tecnológicas de clonación de alta productividad, para el crecimiento de *Eucalyptus grandis Hill*, en Brasil alcanzaron a los seis años, promedios de 60 – 80 m³/ha/año y en casos excepcionales exceden 100 m³/ha/año (Nutto et. al, 2006). Mientras en Ecuador tenemos en especies de rápido crecimiento tasas entre 25-30 m³/ha/año y en especies nativas del bosque tropical 3-6 m³/ha/año, lo cual significa deforestar unas 10 veces más el bosque nativo por cada m³ de madera explotado (López et al., 2013).

Por tanto en el campo de la producción forestal, el desarrollo genético, clonaciones, la procedencia y selección de individuos es un proceso que requiere intercambios a nivel de gobiernos, instituciones sobre los adelantos tecnológicos para la producción masiva y continua del material mejorado (semillas y clones) (Idigoras, 2016). Para lo cual hay que definir proyectos específicos como el caso celulosa.

Atención a la demanda de madera como materia prima

Después de más de una década de la política de aplicar el manejo forestal sustentable, la deforestación continúa, el informe GeoEcuador 2008, manifiesta que la tasa de deforestación en el Ecuador es del 1 %, pero el mayor impacto se da por expansión de la frontera agrícola la cual pasó de 8 a 12,3 millones de hectáreas entre 1998 y 2007, es decir, se experimentó una ampliación de 4,3 millones de hectáreas en nueve años rebasando el potencial de uso de la tierra. Esta gran problemática requiere de soluciones más allá de las disciplinas, interdisciplinarias o transdisciplinarias, inclusive por sobre los campos profesionales, pues sería inútil una discusión tratando de buscar culpables de la orientación del monocultivo hacia el mercado y no la política de soberanía alimentaria que demanda el Plan del Buen Vivir.

Las plantaciones forestales se han estancado en nuestro medio por el poco impulso a esta actividad, en la década del 90 se puso énfasis en la agroforestería comunitaria y extensión forestal participativa, que si bien creó una dinámica social, no avanzó en cuanto a rendimientos para satisfacer la necesidad de materia prima, pues el conocimiento de la propagación sobre la gran cantidad de especies nativas es limitado, sus rendimientos son bajos, a más de que la política ha sido reforestar con especies nativas con fines de protección, lo que ha desmotivado como actividad productiva.

Pese a ello las pocas plantaciones existentes reflejan su importancia, un informe del MAE 2010, indica que un 80 % de la materia prima utilizada es proveniente de plantaciones forestales, principalmente pino, eucalipto, en la sierra y balsa, teca, laurel en la costa. Por tanto no se explica cómo se insiste en mantener una política de manejo sustentable de los bosques para aprovechamiento, en reforzar leyes y reglamentos, normas que permitan el control y sanción ante las infracciones forestales. De esta manera los ingenieros forestales lejos de ser generadores de riqueza se han convertido en controladores forestales por parte del Estado, o de regentes como legalizadores de una actividad extractiva, es hora que se haga eco de que la ingeniería viene de “*ingenius*” de demostrar creatividad, valores y compromiso con la sustentabilidad del

bosque, que haciendo uso de la tecnología puede realizar control, seguimiento y monitoreo a productos del bosque garantizando un sello verde, es decir productos provenientes de bosques manejados sustentablemente, con control en terreno y no en vías o locales cuando el daño ya quedó en el bosque.

Generación de empleo en toda la cadena productiva

El avance de la tecnología en maquinaria artesanal, profesional, e industrial para el uso y transformación de la madera es asombroso en países desarrollados, donde la industria forestal a nivel internacional está en la capacidad de suministrar madera de alta calidad como: madera aserrada, tableros compuestos, madera encolada y laminada y productos madereros industriales, mediante el uso de técnicas avanzadas de colado estructural, permitiendo, que algunos sectores importantes como la construcción de vivienda pueda competir con el hormigón y acero (Peraza, 2008). La producción de tableros puede atender una amplia rama en los sectores de carpintería, muebles y artesanías que hoy utilizan tableros como materia prima.

Esto sin contar con la industria de celulosa y sus derivados, en los cuales la ingeniería forestal aportaría no solo en la materia prima sino, un cambio en matriz productiva y producción de pulpa para papel y celulosa que hoy tienen que importarse, a más de la importante generación de empleo tanto en actividades de campo: siembra, mantenimiento, aprovechamiento y transporte, como en actividades industriales y posteriores actividades complementarias de productos, artesanales, mobiliario, vivienda, y otras actividades conexas que complementan los productos madereros.

Reducción de costos por mejor tecnología, mayor aprovechamiento y asistencia técnica forestal.

El retraso tecnológico en el Ecuador no ha pasado del mal uso de la motosierra como herramienta de aserrado primario y de los talleres obsoletos con maquinaria muchas veces hechas con alto desperdicio y baja calidad, que más bien constituyen una demostración de lo que no se debe hacer. En este contexto, el conocimiento de la madera ha quedado relegado y son pocas las especies que cuentan al menos con estudios básicos para su utilización. El desconocimiento en cuanto a sus propiedades como materia prima ha hecho que solo las especies con mayor tradición en uso sean las comercializadas poniendo en peligro la extinción de estas especies valiosas como: cedro, nogal, almendro o caoba entre otras. El Informe GeoEcuador 2008, señala que menos del 5% de las especies nativas de árboles se aprovechan en la Amazonia, alrededor de un 30% en los Andes y un 15% en el Noroccidente. De esta manera, desde el punto de vista del consumo y aprovechamiento tecnológico la gran mayoría de las especies maderables son subutilizadas.

El gran desperdicio de madera puede alarmar en algunos sectores, pero como forestales hay que estar conscientes de lo que realmente sucede en cuanto al aprovechamiento forestal, el informe de evaluación nacional forestal (MAE, FAO-Ecuador, 2014), refleja que en bosques de la baja amazonia se tiene un 26 por ciento de biomasa en árboles mayores a 60 cm de DAP, el resto es del rango de 10 a 59 cm, un porcentaje del 74 % que poco a poco se destruye para realizar el cambio de uso de suelo al no funcionar el control del MFS, que únicamente legaliza la extracción de madera. El volumen comercial en bosques de la Amazonia es de 29,7 %, madera en pie para licenciamiento del MAE que da por aprovechado el 50 %; es decir queda un 15 % para volumen movilizado. Luego del procesamiento para trabajabilidad por variabilidad

dimensional de la madera y uso de tecnología inadecuada en aserrado principalmente motosierra se pierde otro 50 % (López et al., 2016), finalmente queda 7,5 % de volumen aprovechado, en el mejor de los casos se aprovecha un 10 % siendo optimistas. La pregunta es ¿cuánto dinero representa, cuántos empleos se puede generar con el 90 % de materia prima que hoy se desperdicia?. Existen experiencias de plantaciones donde ocurre lo contrario, caso Paraguay 80 % de aprovechamiento en plantaciones de 10 años y el 20 % en productos energéticos (Instituto Forestal Nacional, 2014).

Es importante que se de facilidades para que sectores productivos, pequeña, mediana y sectores artesanales incorporen tecnología, lo cual no incrementa sino reduce costos, se brinde capacitación para generar nuevas fuentes de trabajo, la sana competencia también implica reducir costos, evitar el alto desperdicio implica bajar costos y atender necesidades de mobiliario, vivienda con una actividad proveniente de la industria verde, implica reducción costos sociales y ambientales, frente a la industria metalúrgica o de plásticos.

Respecto a planes y políticas de reforestación ya sea productiva o de protección en manos de gobiernos descentralizados, puede resultar más económica; pero esa no es una silvicultura, ordenada, organizada, ni técnicamente manejada que permita reducir costos de aprovechamiento, la ingeniería forestal está en condiciones de realizar todo el proceso productivo, hace falta la ejecución de los planes propuestos a nivel local, regional o nacional, pues la meta de reforestación de un millón de hectáreas en 20 años del PNFR (Guzmán, 2014), sigue esperando.

Una meta menos ambiciosa de únicamente el 10 % de la del 2020, 100 000 ha en los próximos cinco años, si se considera contratos de 1000 ha (200 ha/año), se aseguraría trabajo para 100 profesionales forestales. Aun con una meta del 1%, pueden funcionar proyectos de forestación para tableros MDF, generando 100 empleos directos y 1000 indirectos (López 2017), www.premioslatinamericaverde.com Para esto hay que incorporar la propuesta de elevar rendimientos, no se puede instalar viveros que utilicen la primera semilla que encuentran, se requiere producir material vegetal certificado, por laboratorios de propagación vegetal que deben estar funcionando junto a Carreras de Ingeniería Forestal, incrementando el trabajo; la generación de empleo es en toda la cadena productiva de la madera con empleos nuevos que se generan al desarrollar esta actividad. Posiblemente va a reducir costos, pero requiere impulso como es el riego en la agricultura, fertilización subsidiada y asistencia técnica pública o privada que garantice una actividad productiva rentable y con perspectiva de desarrollo (López et al., 2015)

Indirectamente, crecen otros sectores de provisión de víveres, transporte y luego comercios que complementan la actividad con insumos y herramientas como ferreterías, pinturas, transportes y el propio comercio de productos terminados.

La participación de la ingeniería forestal

La Ingeniería forestal frente a la tensión de un aprovechamiento extractivista del bosque, puede generar cambios en la matriz productiva incorporando valor agregado a los productos del bosque, incrementando la productividad con aprovechamiento de un mayor número de especies que requieren conocimientos tecnológicos, elevando el nivel de rendimiento frente a problemas de desperdicio y aplicando técnicas de explotación de bajo impacto, pero por sobre todo considerar reducción de costos con lo cual se tendrá una actividad muy competitiva. (López et al., 2015).

Junto a las propuestas de grandes industrias que requiere el país está la industria de pulpa y aunque al momento no se ha invertido en este campo, se tiene previsto como una industria competitiva por las condiciones climáticas y ubicación del Ecuador, al momento se cuenta con estimaciones requeridas de 821 millones en inversiones de cultivos de plantaciones forestales y 2000 millones en una planta industrial con una balanza comercial de 504 millones de dólares por exportaciones. (www.sectoresestrategicos.gob.ec). Esta visión únicamente económica, debe ser impulsada también como contribución en mitigación del cambio climático, pues las plantaciones estarán capturando CO₂ y sus productos almacenando carbono en el largo plazo. También como fuente de trabajo para miles de ecuatorianos que junto a ingenieros forestales pueden ayudar en la identificación de tierras de aptitud forestal, las especies de mejores rendimientos, las zonas aptas para diferentes proyectos; en fin gran parte del desarrollo forestal del Ecuador depende del impulso que se dé a esta actividad y a otras del sector maderero que permitan proveer la materia prima desde plantaciones y no desde el bosque nativo que resulta una actividad más destructiva con pérdida de la biodiversidad y alteración de la funcionalidad ecológica esto sería un verdadero cambio a la matriz productiva en la que habrá una participación activa de los ingenieros forestales.

La zona 7 región sur del Ecuador conformada por las provincias de: Loja, El Oro y Zamora Chinchipe, aún conserva unas 550 000 ha de bosque y matorrales, superficie que ha incrementado en los últimos años, los pastos cultivados llegan a medio millón de hectáreas y los pastos naturales 400 000 ha, mismos que han disminuido en la última década en un 20 %. Sin embargo el 49,88 % de la superficie zonal tiene potencial para la conservación (NCI, 2012).

Dadas las condiciones de aptitud forestal de la provincia de Loja, parte alta del EL Oro y Zamora Chinchipe, la zona7 puede muy bien contribuir a impulsar un proyecto que aporte a la industria estratégica de celulosa, aglomerados o MDF, se requiere prever un cambio en la matriz productiva antes del agotamiento de los bosques nativos productores como ya ha ocurrido en Loja y El Oro. Estrategia ya planteada dentro del sector: ECONOMIA SOCIAL: Matriz productiva: Producción forestal: aglomerados y celulosa. (PNBV 2009-2013 Tendencias Zona 7)

Estudios efectuados entre 1992 y 1995 por el Plan Hidráulico de Loja, complementados y actualizados por la Subcomisión Ecuatoriana – PREDESUR entre el 2001 y 2003, estiman que alrededor del 40 % de la superficie provincial de Loja, es decir aproximadamente unos 4000 km², presentan un alto grado de degradación del suelo. Se ha determinado que esta provincia tiene una superficie de 598 000 ha de terrenos de vocación forestal, por lo cual el Megaproyecto de Repoblación Forestal (2003) planificó una reforestación de 200 000 ha en la provincia de Loja y 100 000 ha en la parte alta de El Oro, esto significa un alto potencial productivo de la actividad forestal en la zona 7.

El 99 % de la madera que se comercializa en las ciudades de Zamora, Loja, El Oro y otras de la región sur, proviene de los bosques nativos de Zamora Chinchipe, más del 50 % en forma ilegal. Las especies valiosas como el guayacán *Handroanthus chrysantha*, yumbingue *Terminalia amazonia*, seique *Cedrellinga cataeniformis*, cedro *Cedrela odorata*, están en amenaza de extinción y ahora solo se extraen maderas de encofrado como los higuerones *Ficus sp*, sangre de gallina *Vismia sp*. Cada vez el colono dedicado a la extracción de la madera debe ir más lejos para conseguir árboles para la explotación maderera (Wunder, 1996).

Las cifras de aprovechamiento de madera proveniente o autorizada en la provincia de Loja en el período 2007-2009 en un 80 % corresponden a madera de plantaciones y alcanzan un promedio de 60 000 m³ por año, que representa 2,27 % del total nacional (MAE, 2010).

Es necesario que frente a esta enorme riqueza el Estado fortalezca sus instituciones que hagan cumplir la ley, pero también las instituciones locales a fin de que puedan ser partícipes de una inversión pública necesaria en todos los ámbitos y no únicamente en obras de infraestructura.

Conclusiones:

La producción forestal es una actividad que requiere ser fortalecida en el país bajo una silvicultura tecnificada, que logre elevar rendimientos en las plantaciones, disminuir costos en aprovechamiento y un abastecimiento de materia prima para el cambio de la matriz productiva con proyectos productivos para dar valor agregado a la madera, junto a los sectores de economía popular y solidaria, democratizar los medios de producción de forma descentralizada, dar impulso al desarrollo local, que incluya a los propietarios de tierras.

Una verdadera revolución forestal será cortar el abastecimiento de materia prima para el sector maderero desde el bosque nativo y que las industrias pasen luego a desarrollar sus propias plantaciones, como en efecto algunas ya lo están realizando. Así no necesitaremos un ejército de control en carreteras, una policía ambiental de resguardo y un profesional forestal dedicado a legalizar la actividad extractivista; necesitamos un profesional generador de nuevas fuentes de trabajo y esa posibilidad la da una reforestación técnicamente dirigida,

Considerando la aptitud forestal del país y de la zona 7, debe emprenderse proyectos de reforestación productiva orientados a satisfacer demandas de materia prima para industrias básicas como tableros aglomerados o MDF, inclusive madera aserrada, toda vez que la provisión de madera de bosque nativo está llegando a su límite, esto permitirá dinamizar la actividad económica, fuentes de trabajo y una necesidad de talentos humanos no solo forestales, sino en otras profesiones que puedan complementar la actividad.

Las condiciones favorables del Ecuador en cuanto a la actividad forestal, requieren un cambio en la política extractivista, es preferible el abastecimiento de materia prima desde plantaciones forestales con especies de alto rendimiento, que deforestar diez veces más de superficie con bosques nativos para satisfacer la demanda de madera, con la consiguiente pérdida de la biodiversidad y alteración de procesos naturales que finalmente terminan en cambios de uso del suelo, con lo cual se pierde la ansiada sustentabilidad del bosque.

Bajo el cambio de visión y políticas de Estado se puede dar impulso a la actividad forestal y promover su fomento considerando la aptitud forestal de la especie, índices de sitio, concentrada en zonas de mejor aptitud. Se requiere de una acción planificada y organizada, y no una forestación promovida a los cuatro vientos, sembrando cualquier tipo de semilla donde caiga, se requiere de proyectos puntuales con objetivos claros, como se ha dado impulso a proyectos específicos en otros sectores, ya sea hidroeléctrico, de hidrocarburos o de infraestructura. Solo así la silvicultura se convertirá en el puntal para un Ecuador Forestal con una importante contribución a la reducción del calentamiento global.

Bibliografía

Consejo Ambiental Regional. (2006). *Plan Estratégico Ambiental Regional*. GPL-GPZCH. Loja.

Gobierno provincial de Loja. (2006). *Programa Forestal de la Provincia de Loja*. Loja-Ecuador.

Instituto Nacional Forestal. (2014). *La rentabilidad de la inversión en plantación de Eucalyptus con fines maderables*. Consultado: 26 de marzo 2017. Disponible en: www.infona.gov.py

Flasco-Andes-PNUMA, (2008). Geo Ecuador 2008. *Informe de estado del medio ambiente*. Consultado. 29.03.2017. Disponible en: www.flasoandes.edu.ec/libros/digital414444.pdf

Guzmán D. (2014). *La Institucionalidad Forestal Productiva en el Ecuador*. Estudio de caso Programa Forestal. Flasco. Tesis Maestría. Estudios Socioambientales.

López N, Sinche L, Lozano D, Maza H, Medina J, Largo R, (2015). *Demanda ocupacional de la Ingeniería Forestal*. Rediseño CIF. N° 2. UNL-Loja. 54 p.

López et al. (2013). *Zonas de aptitud forestal para Eucalyptus saligna en la provincia de Loja*. Proyecto UNL

López N, Yucta F, Caraguay K. y Minga R. (2016). *La variabilidad dimensional y defectos de secado afectan el rendimiento en proceso de cepillado de madera de Eucalyptus saligna*. Bosque 37 (1).169-178. Chile. www.revistabosque.cl

MAE, FAO-Ecuador, (2014). *Evaluación Nacional Forestal*. Resultados. www.ambiente.gob.ec, www.fao.org.ec. 327 p.

Idigoras G. (2016). Análisis tecnológicos prospectivos sectoriales. Complejo Foresto-industrial. Argentina. Disponible en: www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/047/0000047562.pdf

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2010). *Aprovechamiento de los Recursos Forestales 2007 - 2009*. Quito, Ecuador.

NCI (Naturaleza y Cultura Internacional). (2012). *Información Institucional*. Loja

Nutto L. P. Spathelf, I. Seling. (2006). *Management of individual tree diameter growth and implications for pruning for Brazilian Eucalyptus grandis Hill ex Maiden*. FLORESTA, Curitiba, 36(3): 397-413.

Peraza (2008). Mercado: control en producción de tableros en: http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_5336_2527478.pdf

Subcomisión Ecuatoriana PREDESUR, (2003). Megaproyecto de repoblación forestal de 300000 ha en la provincia de Loja y parte alta de El oro. Resumen Ejecutivo. Loja.22 p.

www.sectoresestrategicos.gob.ec

Wunder S. (1996). *Los caminos de la madera*. PROBONA. Quito, Ecuador.

Valoración financiera de una plantación de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham, en la microcuenca Zamora Huayco – Loja, Ecuador

Financial valuation of a plantation of *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham, in the Zamora Huayco watershed - Loja, Ecuador

Pacheco – Pineda Edwin Alberto^{1*}, Díaz – López Marjorie Cristina¹, Quizhpe Coronel Wilson Rodrigo¹, Asanza – Asanza Jairo Alexander², Jadán - Maza Ángel Oswaldo³.

1. Docentes de la Carrera de Ingeniería Forestal – Universidad Nacional de Loja (UNL). Loja - Ecuador.
2. Ingeniero Forestal - Universidad Nacional de Loja (UNL). Loja – Ecuador.
3. Docente de la Carrera de Ingeniería Agronómica. Universidad de Cuenca. Cuenca - Ecuador.

*Autor para correspondencia: edwin.pacheco@unl.edu.ec

Recibido: 15 de abril del 2017

Aceptado: 21 de junio del 2017

Resumen

Las plantaciones forestales en la hoya de Loja son manejadas en forma deficiente y no tienen valoración financiera de su producción en pie. El objetivo del estudio fue valorar la calidad de una plantación de pino y conocer su valor real en pie, según la calidad de madera aprovechable en una plantación de 5 hectáreas ubicada en la microcuenca Zamora Huayco, Loja. Se registraron las variables: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, calidad de fuste (bifurcaciones, inclinación, presencia o ausencia de ramas). Datos que fueron procesados con el software “avalúos forestales” considerando parámetros como: número de trozas, volumen en función de trozas (por calidad y número) y parámetros de avalúo en pie (edad del rodal, calidad de trozas y calidad de fuste). Se determinó que el volumen de la plantación y su valor real en pie, son relativamente bajos, el rendimiento volumétrico fue de 121,98 m³/ha correspondiente a 568 trozas. De este volumen, el 98,75 % corresponden a trozas de calidad dos (52,97 m³/ha - 246 trozas) y tres (67,49 m³/ha – 310 trozas) que representa una plantación de calidad media. Por otra parte, el valor real de mercado de la madera de acuerdo a la zona de estudio fue de 3 217 dólares por hectárea, valor que puede ser superior siempre y cuando se realice un adecuado manejo silvicultural. La valoración real del aporte financiero de las plantaciones forestales frente a inversiones, es relevante para determinar la idoneidad de las mismas como actividades generadoras de ingresos económicos.

Palabras claves: Calidad de madera, defectos de troza, trozas, valor real, volumen en pie.

Abstract

Forest plantations in Loja basin often have poor silvicultural management and a scarce or no financial valuation of their standing production. Therefore, the objective of study was to evaluate the quality of a pine plantation and to know its real standing value, according to the quality of wood that can be used in a 5-hectare plantation located in the Zamora Huayco basin. Data on variables such as: diameter at breast height (DBH), total height, stem quality (bifurcations, inclination, twisting, presence or absence of branches) were recorded. Data that were processed by the software "forest valuations" on basic parameters such as: number of logs, log volume (by quality and number) and standing valuation parameters (stand age, log quality and quality of shank). It was determined that the volume of the plantation and its actual standing value are relatively low, the volumetric yield was 121.98 m³/ha corresponding to 568 logs. Of this volume, 98,75 % correspond to logs of quality two (52,97 m³/ha - 246 logs) and three (67,49 m³/ha - 310 logs) representing a medium quality plantation. On the other hand, the real market value of the wood according to the study area was 3 217 dollars per hectare, a value that can be higher as long as adequate silvicultural management is carried out. The real valuation of the financial contribution of the forest plantations to investments, is relevant to determine the suitability of the same as activities generating economic income.

Keywords: Wood quality, defects of logs, real value, logs, standing volume.

Introducción

Las plantaciones forestales tienen múltiples beneficios desde suministrar materia prima para la industria y otros usos, proporcionar productos forestales no maderables y la provisión de servicios ecosistémicos (Carle *et al.*, 2002; Bull *et al.*, 2005; Masiero *et al.*, 2015). En varios países un importante suministro de madera proviene de plantaciones forestales (Carle *et al.*, 2002), que forman parte de inversiones donde el retorno económico se obtiene a mediano o largo plazo, dependiendo de las condiciones del sitio y los objetivos de producción (Cabrera, 2003; Corella, 2009). En las actividades forestales proyectar el retorno económico a largo plazo, es importante para estimar si la plantación e inversión alcanzará la producción planificada (Chiari *et al.*, 2003).

Uno de los grandes problemas de las plantaciones forestales en el Ecuador son las bajas superficies reforestadas respecto al potencial forestal del país, lo que no permite suplir la demanda de madera existente a nivel local y regional. La superficie de plantaciones forestales es de aproximadamente 164 000 ha, pero se desconoce cuánto se reforesta efectivamente al año (Añazco *et al.*, 2010).

A esto se suma, que el establecimiento de plantaciones sin una planificación y manejo adecuado pueden desarrollarse en sitios no aptos y con especies no apropiadas (Carle *et al.*, 2002). Según Camacho *et al.*, (2000) y Gonçalves *et al.*, (2008) el manejo silvicultural presenta una deficiencia respecto a la cantidad y calidad de plantaciones, debido, a que no se considera oportunamente los requerimientos técnicos mínimos para el manejo de las mismas (cortas de liberación, podas, raleos y mejoramiento del sitio), lo cual no garantiza el rendimiento de volumen y la rentabilidad económica de las actividades productivas (Gutiérrez *et al.*, 2013; Chiari *et al.*, 2003). En otros casos, el establecimiento de plantaciones se realiza sin que obedezcan a objetivos determinados (Merino, 2010).

Por otra parte, existe una relación entre el manejo y aprovechamiento de las plantaciones forestales con el mercado y comercialización de madera en pie; la mayoría de propietarios, realizan la compra y venta de plantaciones forestales sin conocer su valor real. Bajo estas circunstancias los compradores pagan precios bajos, no reales de los productos forestales, creando inestabilidad en el mercado y desincentivos en los oferentes; debido a que, en el proceso de establecimiento, manejo y cosecha de las plantaciones se invierte en recursos económicos, logísticos y humanos (Martínez, 2013; Añazco *et al.*, 2010).

Bajo este contexto y con la finalidad de generar información que contribuya al conocimiento sobre la calidad de las plantaciones forestales, que en las últimas décadas han centrado su atención y potencial en la producción de madera, rentabilidad económica (Palo y Vanhanen, 2000), y los beneficios ambientales, sociales y culturales previo a una planificación y gestión de los recursos (Carle *et al.*, 2002); se desarrolló la presente investigación que se orientó a determinar el valor real en pie de una plantación de pino (*Pinus patula*) de acuerdo a la calidad de los fustes, volumen de madera y el valor de mercado en la microcuenca de Zamora Huayco.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la parroquia San Sebastián, cantón y provincia de Loja, en la región Sur del Ecuador en un rango altitudinal que oscila entre 2 040 hasta 3 412 msnm. Limita al norte con la microcuenca Mendieta, al sur con la microcuenca Namanda, al este con las estribaciones orientales de la cordillera de los Andes y al oeste con el barrio Zamora Huayco Alto.

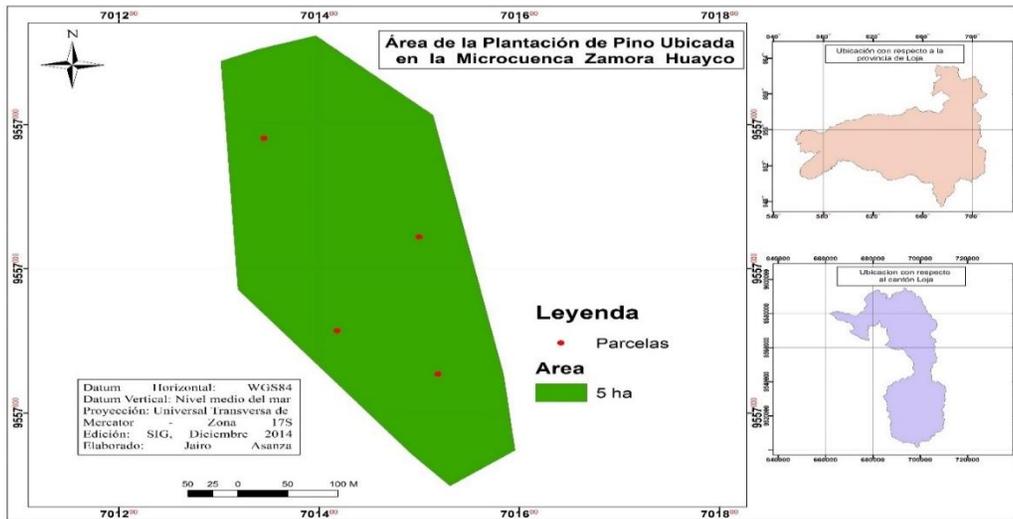


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

Muestreo dasométrico

Se delimitó el área de estudio mediante el software Arc Gis para determinar la superficie de la plantación. Posteriormente, se estableció el sistema de muestreo sistemático (Spitler, 1995) y se instalaron cuatro parcelas rectangulares de 200 m² con un distanciamiento entre parcelas de 50 m. Debido a que, la densidad de plantación varió entre 750 a 1000 árboles/ha, el error de muestro fue menor al 20 %.

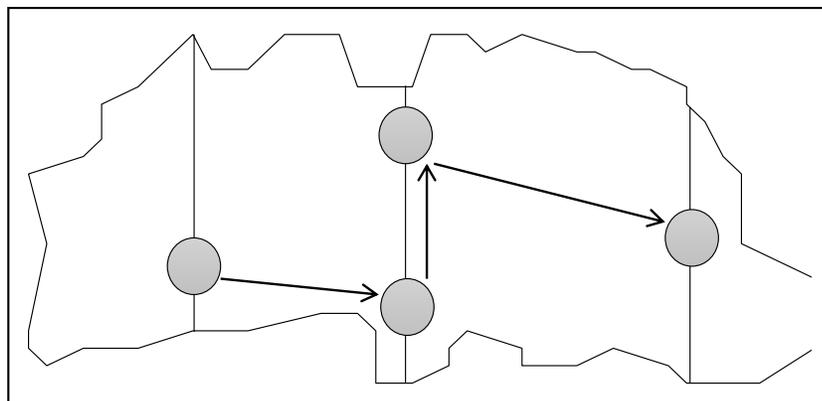


Figura 2. Distribución de las parcelas en la plantación de pino

Para la instalación de las fajas se utilizó el método aleatorio propuesto por Kramer y Akça, (1995), que consistió en utilizar dos dígitos de un número aleatorio como: una cedula, número celular, etc. Estos dígitos se utilizan como metros, pasos o número de árboles de la plantación. Luego se aplicó el mismo método dentro de la faja, hasta llegar al punto donde se generó la primera parcela de muestreo de 200 m².

En la matriz del software Avalúos Forestales versión 1.0, se ubicaron las clases diamétricas dentro de los rangos de 10,01 a 52 cm (Tabla 3). La calidad de trozas, fueron clasificadas de acuerdo al siguiente orden: T1 = Excelente, T2 = Muy buena a buena, T3 = Aceptable y T4 = Sin valor comercial. En cada parcela de medición se registraron las variables en todos los árboles: altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y calidad de fuste.

Análisis de la información

Con los datos recopilados se estimó la calidad de la plantación mediante el software Avalúos Forestales. El uso de este programa permitió obtener el valor de una plantación combinando variables como: (DAP), altura comercial (hc), posición sociológica, bifurcación, inclinación, rectitud, daño mecánico, ramas gruesas, numero de trozas comerciales, ángulo de inserción de ramas, estado fitosanitario, gambas o aletones, grano en espiral, factor de castigo y calidad de las trozas (Murillo y Badilla, 2011).

Para calcular el volumen de los árboles en pie se utilizó la fórmula propuesta por Gutiérrez *et al.*, (2013), que considera el DAP, altura comercial y factor de forma (f) expresado en la ecuación:

$$\text{Vol. árbol en pie} = 0,7854 \times \text{DAP}^2 \times \text{hc} \times f$$

El ajuste del valor real en pie considera varios parámetros como la edad del árbol, donde las plantaciones menores a 10 años, aplica un factor de castigo de 0,8 y las plantaciones mayores a 10 años utiliza un factor de castigo de 1. En el caso del presente estudio, se multiplicó el valor real inicial por 1 debido a que la plantación es mayor a 10 años de edad; Murillo (1988), Zobel y Van Buijtenen (1989) y Murillo y Camacho (1998) proponen que para la estimación del valor real en pie de una plantación forestal, se debe determinar la distribución del volumen según sus dimensiones (clases diamétricas), calidad, edad y especie. El mercado de la madera paga un mejor precio por madera adulta y con duramen, que madera juvenil y con albura.

También, se ajustó el valor de la plantación de acuerdo a la calidad de las trozas. De acuerdo a la escala propuesta por Murillo *et al.*, (2004), se multiplicó el valor real inicial por la calidad de trozas (Tabla 1).

Tabla 1. Estimación del valor real inicial según la calidad de trozas en pie.

Valor real inicial	Calidad de trozas
1,00	1
0,90	2
0,80	3
0,00	4

Se realizó un ajuste por clase diamétrica, multiplicando el valor inicial por el diámetro de la troza, debido a que los árboles en términos de diámetro generan desigualdades al momento

de valorarlos (Murillo *et al.*, 2004) (Tabla 2). Realizados los ajustes por diferentes factores a los individuos, se obtuvo el valor real en pie de la plantación, con base a la sumatoria de todos los valores ajustados.

Tabla 2. Ajuste del valor en pie de la plantación por clase diamétrica.

Valor inicial	Diámetro de trozas (cm)
0,48	< 12,5
0,73	< 17,5 y \geq 12,5
0,90	< 22,5 y \geq 17,5
1,00	\geq 22,5 y < 27,5
1,06	\geq 32,5 y < 37,5
1,09	\geq 37,5 y < 42,5
1,10	\geq 47,5

El valor comercial de madera en pie de pino en el mercado, se estimó a partir de precios locales, que consiste en la disponibilidad de pago por parte de comerciantes de madera en pie en el sector y que es corroborado por la autoridad ambiental. El precio de la madera de pino fluctuó en 25,2 USD/m³.

Resultados

La plantación de pino presentó 246 trozas de calidad 2 y 310 trozas de calidad 3, que corresponde al 97,89 % del total de trozas por ha. El mayor número de trozas se ubican en la clase diamétrica 30,01 cm – 34 cm (Figura 3). Respecto al área basal, mantuvo el mismo patrón donde el volumen en su mayoría está representado dentro de las categorías de calidad 2 y 3 con 1797 m³ y 2214 m³ respectivamente, que corresponde al 98,81 % del volumen total del rodal (Figura 4).

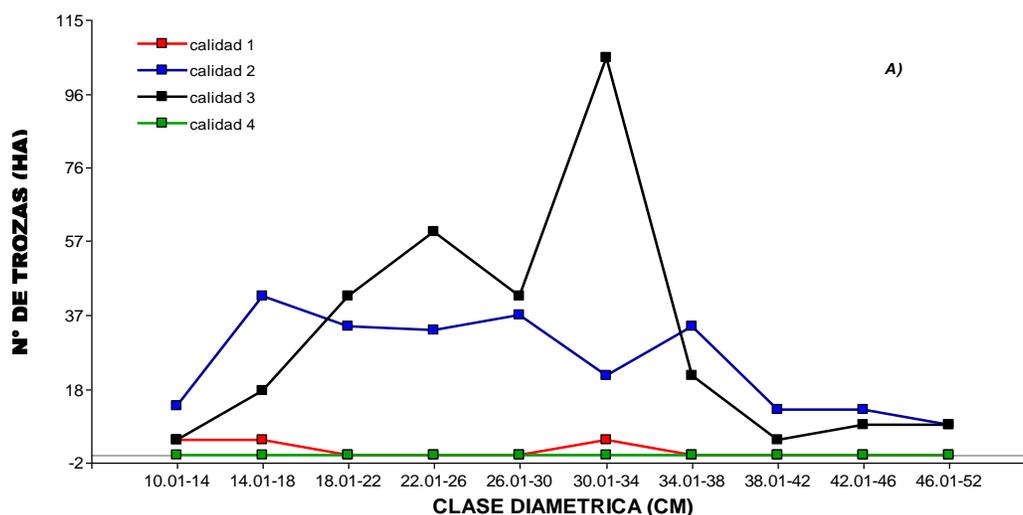


Figura 3. Número de trozas por hectárea en función de la clase diamétrica.

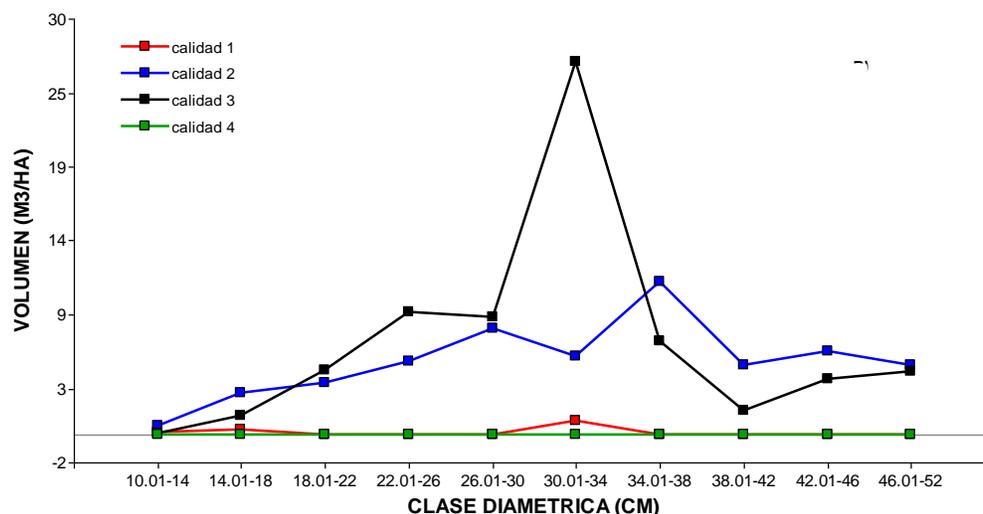


Figura 4. Volumen por hectárea en función de la clase diamétrica.

El volumen en función de la calidad y el número de trozas corresponde a 12 trozas y 1,52 m³/ha para la calidad 1 (Tabla 3). También se registraron 246 trozas y 52,97 m³/ha para la calidad 2 y 310 trozas y 67,49 m³/ha para la calidad 3.

Tabla 3. Volumen de madera en función del número de trozas comerciales.

Número de clase	Clase diamétrica (cm)	Factor de forma	Trozas/ha	Volumen (m ³ /ha)
1	10,01-14	0,69	21	0,91
2	14,01-18	0,62	63	4,68
3	18,01-22	0,57	76	8,39
4	22,01-26	0,53	92	14,13
5	26,01-30	0,53	79	16,08
6	30,01-34	0,51	130	33,56
7	34,01-38	0,48	55	17,76
8	38,01-42	0,46	16	6,79
9	42,01-46	0,45	20	10,07
10	46,01-52	0,43	16	9,60
Total			568	121,98

En las tablas 4 y 5, se presenta la matriz de valoración económica y cualitativa de la plantación de pino. Los valores estimados presentan una valoración superior al valor de mercado, considerando la calidad de trozas, edad y diámetros.

Tabla 4. Matriz de reporte promedio/ha de la plantación de pino.

Parámetro	Calidad				Total general
	1	2	3	4	
Volumen en trozas completas (m ³)/ha	1,51	52,97	67,49	0,00	121,98
Número de Trozas /ha	12,00	246,00	310,00	0,00	568,00
Valor real en pie (USD/ha)	48,00	1797,00	2214,00	0,00	4059,00
Valor de Mercado (USD/ha)	38,04	1424,12	1754,60	0,00	3217,00
Número de Parcelas					4,00
Error de Muestreo (%)					17,53
Área Basal promedio (G) (m ² /ha)					25,60 ± 0,367
DAP promedio (cm)					29,63 ± 7,317
Altura total promedio (m)					16,60 ± 3,519
Altura comercial promedio (m)					14,11 ± 1,590

Tabla 5. Matriz de reporte total de la plantación de pino.

Parámetros	Calidad				Total general
	1	2	3	4	
Vol comercial en trozas completas sc (m ³)	7,58	264,85	337,46	0,00	609,90
No. de Trozas Comerciales	60,00	1230,00	1550,00	0,00	2840,00
Valor real en pie (US \$)	240,00	8985,00	11070,00	0,00	20295,00
Valor de Mercado (US \$)	190,20	7120,61	8773,00	0,00	16084,00
Número de Parcelas en el Lote					4,00
Error de Muestreo (%)					17,53
Densidad (N) árboles/ha					344 ± 1,954
Índice de Calidad					2,43 ± 0,625
Índice de Calidad de Trozas (Suma 1 + 2)					258

Los ajustes del valor real respecto a la edad se estimó a partir de la valoración inicial multiplicada por 1 (dado que la plantación tiene 15 años). De esta valoración se obtuvo un valor de 20 295 USD que corresponde a 240 USD para calidad 1, 8 985 USD para calidad 2 y 11 070 USD para calidad 3. Mediante el ajuste para la calidad de las trozas se obtuvieron los valores ajustados en 240 para calidad 1; 8 086,5 para calidad 2 y 8 856 para la calidad 3 con lo que se obtuvo un nuevo estimado de valor real de la plantación en pie de 17 182,5 USD, con base en la sumatoria de todos los nuevos valores ajustados por su calidad. Finalmente se presentan la valoración real ajustada a las clases diamétricas (Tabla 6).

Tabla 6. Ajuste del valor en pie, en función de las clases diamétricas.

Valor inicial (Usd)	Constante	Clases diamétricas (cm)	Valor ajustado
9,58	0,48	<12,5	4,60
54,78	0,73	<17,5 y \geq 12,5	39,99
400,99	0,90	<22,5 y \geq 17,5	360,89
623,33	1,00	\geq 22,5 y <27,5	623,33
994,93	1,04	\geq 27,5 y <32,5	1034,73
1095,25	1,06	\geq 32,5 y <37,5	1160,97
225,97	1,08	\geq 37,5 y <42,5	244,05
486,89	1,09	\geq 42,5 y < 47,5	530,71
167,73	1,10	\geq 47,5	184,50
Total/ha			4183,76
Total			20918,80

Con los valores generados, considerando las clases diamétricas, edades y calidad de fuste se obtuvo el valor real en pie de la plantación que es de 4183, 76 USD/ha.

Discusión

Las valoraciones forestales en el país aún son escasas y deficientes. Se han realizado estudios en la provincia de Chimborazo por Merino (2010) y en el sitio La Argentina, cantón y provincia de Loja por Quizhpe (2011). En la Región Sur esta deficiencia aún es mayor debido a que la mayoría de procesos de comercialización son informales y sin asesoramiento profesional.

A esta realidad se adiciona que en plantaciones con fines comerciales no se han realizado manejo silvicultural como podas o raleos para incrementar la productividad. Como consecuencia, los rendimientos volumétricos de la plantación fueron de 121,98 m³/ha. Estos resultados son bajos comparando los resultados obtenidos por el MAGAP (2014) que reporta datos entre 200 m³, 250 m³, con límites hasta 300 m³ por ha. Otros estudios como el de Merino (2010), indica que la productividad de plantaciones de pino con manejo produce entre 300 a 350 m³/ha, valor alejado de los resultados obtenidos.

Según Camacho (2000), en su estudio sobre metodologías para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales, deduce, que una plantación para que sea aceptable en el mercado, el mayor volumen de la plantación debería ubicarse entre las trozas de calidad 1 y 2, situación que difiere a los resultados obtenidos, donde el número de trozas producidas y el volumen de

la plantación, corresponden a las calidades 2 y 3 que comprende individuos con características de muy buena a buena y aceptable calidad.

Debido, a que el rendimiento volumétrico de la plantación de pino fue bajo, el valor real también es bajo con un valor de USD 20 295. Estos resultados contrastan con el estudio realizado por Quizhpe (2011), que indica que el valor real de una plantación de pino de 6 ha es de 22 218 USD. Los resultados obtenidos también difieren de otro estudio en donde Merino (2010), menciona que la plantación de pino de 17 ha llega a tener un valor real de 55 868,13 USD. Por otra parte, los bajos valores de la plantación en pie posiblemente sean ocasionados por la falta de prácticas de manejo silvicultural, que limitan la producción. Según García y Gomes (1989), en países como España una plantación de pino, puede llegar a producir hasta 400 m³/ha bajo condiciones óptimas de manejo.

Conclusiones

Las trozas de madera se consideran como variables de estimación cualitativa de las plantaciones forestales, en este estudio se concluyó que valores mayores de volumen de madera en función de la calidad de las trozas, se agrupan en la clase de aceptable a regular; a pesar de que la plantación de pino no ha recibido ningún tipo de tratamiento silvicultural.

La valoración real en pie de la plantación fue baja (4183, 76 USD/ha), debido a que, los mayores valores de volúmenes de madera corresponden a trozas de calidad 2 y 3, incidiendo en la valoración económica de mercado, que puede incrementar los costos de aprovechamiento con un adecuado manejo silvicultural.

Agradecimiento

Los autores extienden su agradecimiento a la Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja (UMAPAL) por brindar las facilidades técnicas y de campo para realizar la presente investigación.

Bibliografía

Añazco, M; Morales, M; Palacios, W; Vega, E; Cuesta, A. (2010). *Sector Forestal Ecuatoriano: propuestas para una gestión forestal sostenible*. Serie Investigación y Sistematización No. 8. Programa Regional Ecobona - Intercooperation, Quito.

Bull, G.; Bazett, M.; Schwab, O., Nilsson, S.; White, A.; Maginnis, S. (2006). Industrial forest plantation subsidies: Impacts and implications. *Forest Policy and Economics* (9): 13 – 31. doi:10.1016/j.forpol.2005.01.004

Cabrera, C. (2003). *Plantaciones forestales: oportunidades para el desarrollo sostenible*. Instituto de agricultura, recursos naturales y ambiente. Guatemala.

Camacho, P; Murillo, O. (2000). Propuesta metodológica para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales. Primer Taller Nacional de la Evaluación de la Calidad de Plantaciones Forestales. Costa Rica.

Carle, J.; Vuorinen, P., Del Lungo, A. (2002). Status and trends in global forest plantation development. *Forest products* 52 (7).

Corella Rodríguez, O. J. (2009). Valoración de la base forestal de las plantaciones forestales y su contribución al abastecimiento de madera en la zona del Atlántico Norte de Costa Rica.

García, J; Gómez J. (1989). Tablas de producción de densidad variable para *Pinus pinaster* Ait. en el Sistema Central. Comunicaciones INIA. Serie Recursos Naturales N° 47. Madrid.

Gonçalves, JLM; Stape JL; Laclau, JP; Bouillet JP; Ranger J. (2008). Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the Brazilian experience. *Southern Forests* 70 (2): 105–118. doi: 10.2989/SOUTH.FOR.2008.70.2.6.534

Gutiérrez, E; Moreno, R; Villota, N. (2013). *Gobernanza Forestal. Guía de Cubicación de Madera*. Disponible en: http://www.rivasdaniel.com/pdf/GUIA_DE_CUBICACION_MADERA.pdf

Kramer, H.; Akça, A. (1995). *Leitfaden zur Waldmesslehre*. J.D. Sauerländer`s Verlag. Frankfurt. Alemania.

Martínez, B. (2013). *Guía básica de buenas prácticas para plantaciones forestales de pequeños y medianos propietarios*. Santiago de Chile, Chile.

Masiero, M; Secco, L; Pettenella, D; Brotto, L. (2015). Standards and guidelines for forest plantation management: A global comparative study. *Forest Policy and Economics*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2014.12.008>

Merino, J. (2010). Evaluación de la calidad y valoración de una plantación de pino en la Comunidad Chausan San Alfonso, Parroquia Palmira, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo. Tesis de Ingeniería Forestal.

Murillo O. (1988). Natural variation in wood specific gravity of *Pinus greggii*, *P. leiophylla* and *P. pringlei*. Estados Unidos.

Murillo O., Badilla Y. (2011). Software Avalúos Forestales versión 1.0. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Murillo, O y Badilla, Y. (2004). Calidad y valoración de plantaciones forestales. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Murillo, O. Camacho, P. (1997). Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones recién establecidas. *Agronomía Costarricense* 21 (2): 189-206.

Palo, M.; Vanhanen. (2000). *World forest from deforestation to transition*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

Spitler, M. (1995). *Guía Técnica para el inventario rápido de bosques secundarios en la zona norte de Costa Rica*. COSEFORMA. Costa Rica.

Zobel B, Van Buijtenen JP. (1989). *Wood variation. Its causes and control*. Springer. Alemania.

Valoración económica ambiental del compartimiento leñoso como una alternativa para conservar la biodiversidad del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador

Environmental economic valuation of the woody compartment as an alternative to conserve the biodiversity of the dry forest of the province of Loja, Ecuador

Nathalie Aguirre Padilla^{1*}, Alex Erazo Lara²

1. Maestrante de Economía y Administración Agrícola, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador

2. Docente-Investigador de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador

*Autor para correspondencia: niap2701@hotmail.com

Recibido: 30 de abril del 2017

Aceptado: 21 de junio del 2017

Resumen

Los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas son importantes para la sociedad; los bosques secos son ecosistemas valiosos por su biodiversidad e importancia económica y social para la población local; por esta razón es necesario su valoración económica y ecológica y, a través de ésta, aproximar su valor social y ambiental por parte de la sociedad. El objetivo de la investigación fue: determinar el contenido de carbono en el compartimiento leñoso del bosque seco de la provincia de Loja y el valor económico del servicio ambiental captura de carbono. El valor ecológico se obtuvo mediante el inventario de las especies leñosas \geq a 5 cm de DAP evaluándose 150 parcelas. Se estimó el volumen total, la biomasa considerando la densidad de la madera de cada especie, el contenido de carbono del compartimiento leñoso del bosque y, los certificados (CER) que se negocian en mercados voluntarios. Se encontró 62 especies leñosas, correspondientes a 51 géneros y 29 familias, con dominancia de: *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Cochlospermum vitifolium*, *Handroanthus chrysanthus* y *Terminalia valverdeae*. El contenido de carbono del compartimiento leñoso del bosque seco es de 32,90 t/ha y las toneladas de CO₂ equivalentes son 118,44/ha, que significa 118,44 CER/ha, se consideró un precio de USD 5/CER, obteniéndose un valor económico total del bosque de USD 183 582 000. Esta valoración apoya a la percepción comunitaria e institucional sobre el bosque seco y constituye la base para elaborar una propuesta de comercialización de bonos de carbono en mercados voluntarios.

Palabras clave: Valoración ecológica, valoración económica, carbono acumulado, bosques secos, certificados de reducción de emisiones.

Abstract

Ecosystem services are the direct and indirect contribution of ecosystems to human well-being; the dry forests are valuable ecosystems because of their biodiversity, economic and social importance to the local population; for this reason economic and ecological valuation is necessary, to approximate its social and environmental value by the society. The objective of the research was to determine the carbon content in the woody compartment of the dry forest of Loja province and the economic value of the environmental service from carbon capture. The ecological value was obtained by the inventory of the woody species ≥ 5 cm of DBH registered in 150 plots. The total volume was estimated, the biomass considering the density of woody species, the carbon content in the woody compartment of the forest and the Certified Emission Reduction (CERs) that are traded in voluntary markets. It was found 62 woody species, belonging to 51 genera and related to 29 families, with dominance of: *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Cochlospermum vitifolium*, *Handroanthus chrysanthus* and *Terminalia valverdeae*. The carbon content on the woody compartment of the dry forest is 32,90 t / ha and the equivalent tons of CO₂ are 118,44 / ha, which means 118,44 CER/ha, a price of USD 5/CER was considered, resulting in a total economic value of the forest of USD 183 582 000. This assessment supports community and institutional perception of dry forest and provides the basis for a proposal to carbon market credits in voluntary markets.

Keywords: Ecological valuation, economic valuation, accumulated carbon, dry forests, Certified Emission Reduction.

Introducción

Es de conocimiento mundial que el incremento en la concentración de algunos gases en la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO₂), producto del crecimiento de la población mundial y sus actividades productivas, provocan una intensificación del efecto invernadero natural del planeta. Como fuentes principales de emisión del CO₂ se mencionan la combustión de combustibles fósiles, la producción de cemento en los países industrializados; la deforestación, incendios forestales y el cambio de uso de la tierra en países tropicales. La importancia creciente que tiene la presencia del CO₂, por ser uno de los gases que más contribuye al efecto invernadero y que incide sobre el calentamiento global, sugiere que se reconozca el papel que juega la vegetación en la captación de este gas y se motiven las plantaciones y cuidado de los bosques (Corral *et al.*, 2006).

El mercado de carbono surge en el mundo como una alternativa y económicamente viable al compromiso asumido por países, empresas e individuos, de disminuir las emisiones de gases que contribuyen a los gases de efecto invernadero (GEI). Este puede estar dentro del cumplimiento y la observancia de las prerrogativas del Protocolo de Kyoto o puede estar el mercado voluntario, el cual no es jurídicamente vinculante, pero se ha desarrollado como respuesta a aquellos que están interesados en convertirse en carbón neutral; se refiere a que diferentes instituciones implementan acciones de reducción de emisiones por diferentes motivos (marketing, valor agregado de un producto) mediante instrumentos creados fuera de cualquier sistema regulado, los llamados no Kyoto (García, 2011).

Entonces, conociendo la importancia biológica del bosque seco, el estado de amenaza que soportan, el escaso conocimiento sobre los servicios ambientales que proveen y los escasos estudios sobre valoración ecológica y económica del bosque; surge la necesidad de realizar la valoración económica de la captura de carbono de los bosques secos de la provincia de Loja.

La población local que vive en los alrededores de los bosques secos de la provincia de Loja, conoce y valora el bosque por la existencia y posibilidad de extraer madera y leña y desconoce y subvalora la presencia de productos forestales no maderables, la biodiversidad y servicios ambientales que estos prestan, aunque han sido parte de su vida cotidiana. A pesar de que las

autoridades locales que conocen el verdadero valor ecológico del bosque, han propuesto proyectos para la conservación del bosque, varios proyectos han fracasado por el poco o nulo interés de la población de participar de estos.

El presente trabajo de investigación permitió responder la pregunta: ¿Es posible que la valoración económica del servicio ambiental captura de carbón que provee el bosque seco de la provincia de Loja, permita su valoración y reconocimiento comunitario e institucional?

Lo cual se logró mediante el cumplimiento de los objetivos: estimar el contenido de carbono en el compartimento leñoso de los bosques secos de la provincia de Loja, que permita valorar la importancia del servicio ambiental captura de carbono en este ecosistema; y, realizar la valoración económica de la captura de carbono, que permita disponer de un flujo de ingresos que sirvan para plantear una propuesta de venta de bonos de carbono.

La valoración ecológica del bosque seco de la provincia de Loja permitió registrar 62 especies leñosas, correspondientes a 51 géneros y 29 familias. El contenido de carbono del compartimento leñoso del bosque es 32,90 t/ha y la valoración económica del servicio ecosistémico captura de carbono es de \$ 183 582 000.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se ejecutó en el bosque seco de la provincia de Loja, localizado entre 190 a 1 000 msnm, en los cantones Zapotillo, Macará, Puyango, Paltas, Pindal, Célica y Sozoranga, que comprende parte de la Reserva de Biosfera Bosque Seco, reconocida desde junio del 2014. La provincia de Loja tiene 11 000 km², de éstos 3 100 km² son bosque seco, ubicados en el extremo sur del Ecuador en el límite con el Perú (Figura 1) (Aguirre *et al.*, 2013).

El área tiene una precipitación anual de 500 mm y temperatura promedio anual de 24°C (Espinoza *et al.*, 2012; Webber, 2009).

Los bosques secos de la provincia de Loja, están en buen estado de conservación con una puntuación de 57,6 %, éstos bosques secos se aprecian mejor conservados que los del norte peruano y que sus homólogos de Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro, considerando su

composición, estructura y regeneración natural de las especies típicas de bosque seco (Aguirre *et al.*, 2013, Aguirre, 2014).

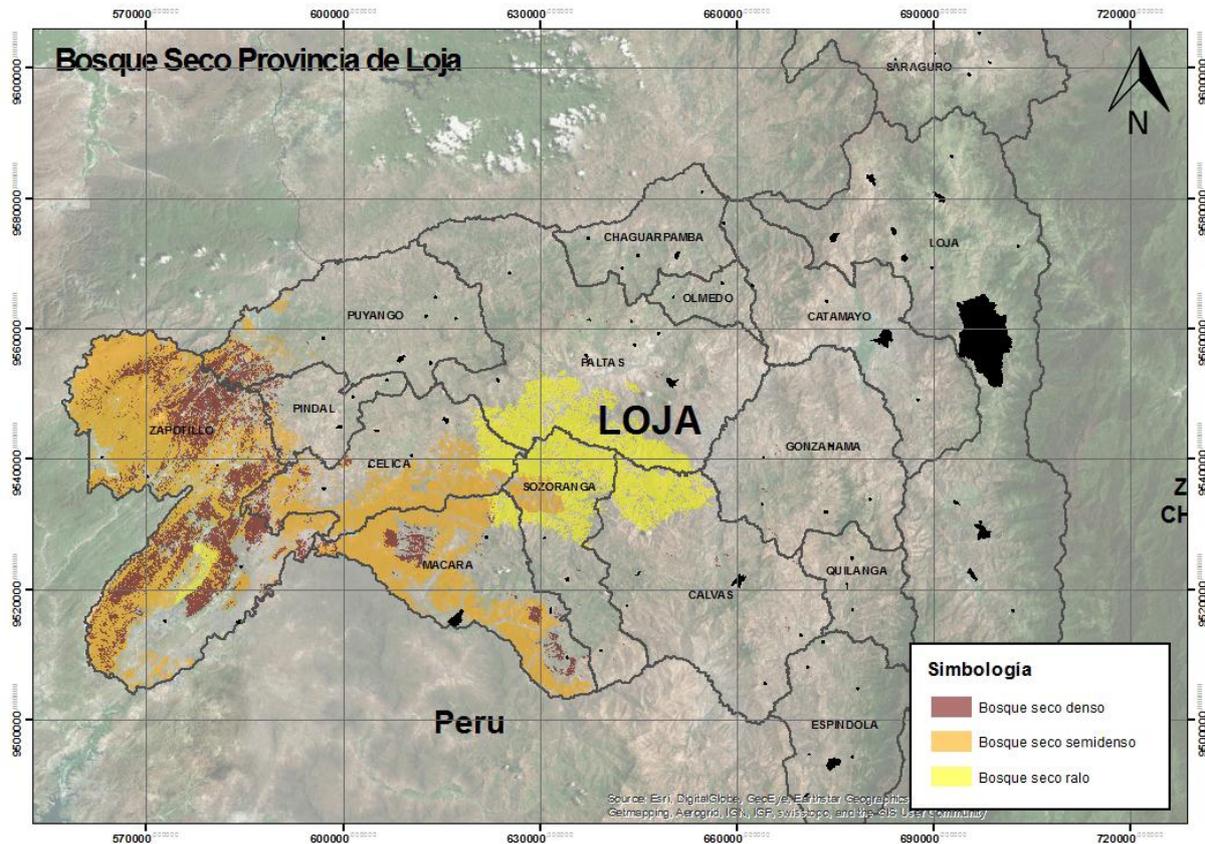


Figura 1: Localización de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador.

Selección y tamaño de la muestra

En la extensión de terreno cubierta por bosque seco, se utilizó un muestreo sin reemplazo, en la que el elemento no se puede incluir en la muestra más de una vez. Se utilizó el tipo de muestreo probabilístico, que permitió observar el comportamiento real de las variables, que admitió que cada elemento de la población tenga la oportunidad de ser seleccionado como muestra y no discrimina a ningún elemento.

Se muestrearon parcelas de 20 x 20 m (400 m²), distribuidas aleatoriamente en cinco sectores: La Ceiba, Algodonal, Laipuna, La Ceiba Grande y Mangahurco. El establecimiento de las parcelas siguió la metodología planteada por Aguirre y Aguirre (1999) y Aguirre (2010). Para

determinar si el muestreo era suficiente para tener representado el bosque seco en estudio, se utilizó la curva área-especie utilizando el programa BioDiversity.

Recolección de datos primarios y secundarios

Se registraron todos los individuos con más de 3 m de altura y mayores o iguales a 5 cm de $D_{1,30\text{ m}}$, a los cuales se midió el diámetro a 1,30 m ($D_{1,30\text{ m}}$) con una cinta diamétrica y la altura total con un hipsómetro sunnto. Se utilizaron: hojas de campo estándares para anotar datos de diámetro y altura de los árboles del bosque seco. Además, se identificó taxonómicamente a que especie pertenece cada uno de los individuos medidos, siguiendo la nomenclatura propuesta por el APG III.

Obtención del carbono fijado en la biomasa forestal del bosque seco

En primera instancia se calculó el volumen de la masa forestal de todos los individuos censados, usando la fórmula planteadas por Aguirre (2012); Aguirre y Aguirre (2004).

$$V = G * H * f$$

Dónde: V= volumen; G = área basal; H = altura total y f = factor de forma

Luego el valor del volumen de madera se transforma a biomasa de cada individuo, para lo cual se considera la dureza de la madera de cada especie, para esto se usó la densidad o peso específico (pe) de cada especie vegetal, se empleó la fórmula:

$$\text{Biomasa} = \text{Volumen} \times \text{pe} \text{ (Aguirre y Aguirre, 2004).}$$

Para el cálculo total se considera la biomasa radicular y foliar, para el caso de la raíz se estima que el 30 % de la biomasa total del árbol corresponde a la raíz y, para la copa el 20 %.

$$\text{Biomasa de raíz} = \text{Biomasa del árbol} * 0,3 \text{ (MacDicken, 1994).}$$

$$\text{Biomasa de copa} = \text{Biomasa del árbol} * 0,2 \text{ (MacDicken, 1994).}$$

Entonces: Biomasa total del árbol = Biomasa del árbol + biomasa de raíz + biomasa de copa.

Cálculo del contenido de carbono del compartimento leñoso del bosque

Se calculó el contenido de carbono de cada árbol, usando la expresión universal:

Carbono acumulado = Biomasa total x 0,5 (asumiendo que todo organismo contiene el 50 % de carbono) (Aguirre y Aguirre, 2004)

Obtención de la valoración económica del carbono acumulado

Se usó los datos de la productividad del bosque seco calculado (Biomasa total del árbol*0,5). Para conocer el CO₂ acumulado en el bosque se transforma el carbono almacenado en el bosque (Biomasa * 0,5) a CO₂ equivalente, para ello se multiplica por 3,6 (peso atómico del carbono).

Ya que es conocido que lo que se negocia en los mercados son los certificados o bono de carbono (CER), se considera que una t de CO₂ equivalente representa un certificado o bono (1 t = un Certificado).

Luego se obtuvo la equivalencia que una hectárea de bosque seco tiene en “N” Certificados o Bonos de Carbono que son los que se negocian en el mercado. La cantidad de certificados o bonos que se venden en los mercados voluntarios se multiplica por el precio referencial que actualmente es de USD 5/Certificado (Banco Mundial, 2016). La valoración económica del bosque seco de la provincia de Loja se obtuvo usando la expresión:

$\text{ValorSAmCO}_2 = \text{Cantidad de Certificados o Bonos de Carbono} \times \text{precio referencial de CO}_2/\text{ha}$
(Aguirre, 2011)

Resultados

Estructura y composición florística del bosque seco de la provincia de Loja

Se identificaron 62 especies leñosas (\geq a 5 cm de D_{1,30 m}), pertenecientes a 51 géneros y 29 familias. La curva área - especie (Figura 2) indican que el muestreo con 100 parcelas distribuidas en el área fue suficiente para representar la composición florística del bosque estudiado; sin embargo, los cálculos se realizaron con las 150 parcelas inventariadas.

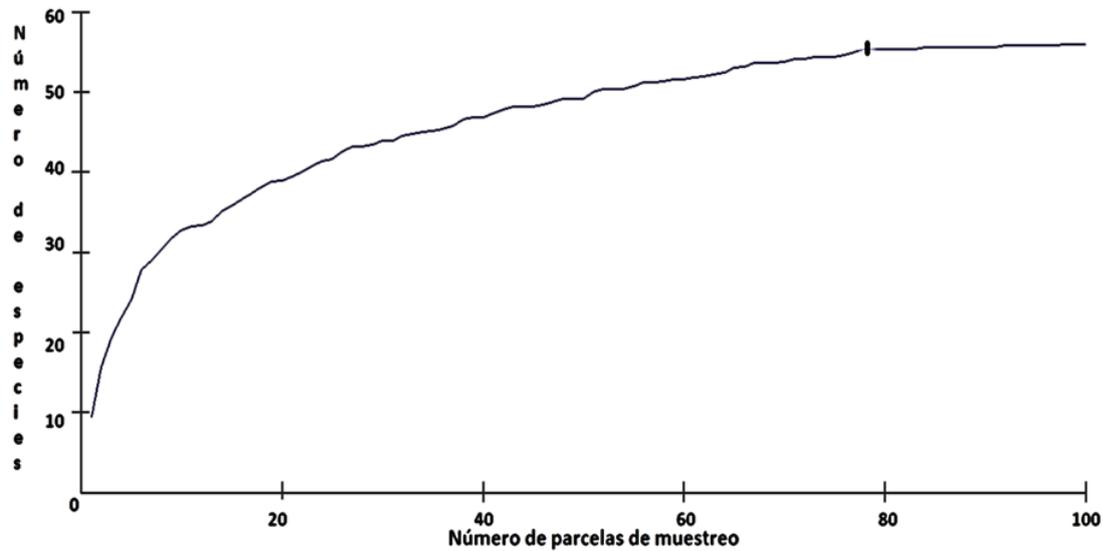


Figura 2. Curva área-especie obtenida para los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. Los bosques secos de la provincia de Loja son semidensos (500 a 699 individuos/ha), con dominancia de especies como: *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Cochlospermum vitifolium*, *Handroanthus chrysanthus* y *Terminalia valverdeae*, que en temporada lluviosa son semejantes a una selva tropical.

El dosel principal del bosque está compuesto por árboles que alcanzan hasta 18 m de altura, se diferencian tres estratos: dominante con individuos de entre 14 a 18 m, sobresalen: *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Handroanthus chrysanthus*, *Cordia macrantha*, *Cochlospermum vitifolium*. El estrato codominante constituido por árboles de entre 8-14 m, especies principales: *Geoffroea spinosa*, *Bursera graveolens*, *Guazuma ulmifolia*, *Terminalia valverdeae* y *Prosopis juliflora*. En el estrato dominado se encuentran árboles de entre 3 a 8 m, sobresalen: *Simira ecuadorensis*, *Prockia crucis*, *Pithecellobium excelsum*, *Ipomoea pauciflora* y *Achatocarpus pubescens*.

En el sotobosque crecen: *Opuntia quitensis*, *Cereus diffusus*, *Jatropha curcas*, *Baccharis trinervis*, *Barnadesia aculeata*, *Lantana canescens*, *Ipomoea carnea*, *Croton* sp., *Phyllanthus* sp., *Abutilon* sp., y abundancia de gramíneas en temporada de lluvias.

Contenido de carbono de los bosques secos de la provincia de Loja

Realizado los cálculos de volumen y biomasa del fuste, considerando la densidad de madera de cada especie vegetal leñosa, se obtiene que en las 5 hectáreas muestreadas existen 109,66 toneladas, que significa 32,90 t de carbono acumulado por hectárea (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de carbono de cada una de las 62 especies registradas en el estudio de los bosques secos de la provincia de Loja.

Especie	Densidad de madera g/cm ³	Densidad de madera kg/m ³	Volumen (m ³)	Biomasa (kg)	Contenido Carbono (kg)
<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd.	0,73	730	0,57	418	208,8
<i>Achatocarpus pubescens</i> C. H. Wright	0,59	590	0,23	134	66,9
<i>Aegiphila</i> sp.	0,68	680	0,29	199	99,5
<i>Agonandra excelsa</i> Griseb.	0,74	740	0,11	84	42,2
<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barnaby & J.W. Grimes	0,65	650	0,81	525	262,4
<i>Allophylus</i> sp.	0,55	550	0,03	15	7,6
<i>Bauhinia aculeata</i> L.	0,67	670	0,08	55	27,6
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	0,56	560	0,01	8	3,9
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	0,32	320	4,39	1 404	702,1
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,95	950	3,15	2 989	1 494,4
<i>Calliandra taxifolia</i> (Kunth.) Benth.	0,82	820	1,14	935	467,4
<i>Capparicordis crotonoides</i> (Kunth) H.H. Itis & X. Cornejo	0,69	690	0,01	5	2,5
<i>Cavanillesia platanifolia</i> (Bonpl.) Kunth	0,6	600	0,05	29	14,4
<i>Cedrela odorata</i> L.	0,6	600	0,18	105	52,5
<i>Ceiba trichistandra</i> (A. Gray) Bakh.	0,32	320	163,56	52 339	26 169,4
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	0,77	770	0,09	66	33,1
<i>Celtis loxensis</i> C. C. Berg.	0,77	770	1,43	1 097	548,7
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	0,95	950	2,02	1 919	959,7
<i>Citharexylum gentryi</i> Moldenke	0,7	700	0,73	514	257,0
<i>Citharexylum quitense</i> Spreng.	0,6	600	0,47	279	139,6
<i>Citharexylum</i> sp.	0,6	600	0,58	347	173,5
<i>Coccoloba ruiziana</i> Lindau	0,6	600	0,01	6	3,0
<i>Coccoloba</i> sp.	0,6	600	0,07	41	20,7
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,3	300	15,35	4 606	2 303,2
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	0,65	650	0,28	185	92,6
<i>Cordia lutea</i> Lam.	0,5	500	0,14	70	35,1
<i>Cordia macrantha</i> Chodat	0,55	550	11,21	6 164	3 082,0
<i>Croton</i> sp.	0,4	400	0,00	1	0,6
<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J. Presl	0,66	660	0,39	258	129,1

Especie	Densidad de madera g/cm ³	Densidad de madera kg/m ³	Volumen (m ³)	Biomasa (kg)	Contenido Carbono (kg)
<i>Cynophylla sclerophylla</i> (H.H. Iltis & X. Cornejo)	0,64	640	0,01	5	2,7
<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	0,45	450	53,09	23 893	11 946,4
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	0,3	300	12,89	3 866	1 933,0
<i>Erythroxylum glaucum</i> O. E. Schulz	0,7	700	3,47	2 428	1 214,0
<i>Ficus jacobii</i> Vázq. Avila	0,3	300	0,78	233	116,4
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	0,85	850	8,88	7 548	3 774,2
<i>Gliricidia breningii</i> (Harms) Lavin.	0,55	550	0,01	7	3,4
<i>Handroanthus billbergii</i> (Bureau & K.Schum.) S.O.Grose	0,9	900	2,79	2 511	1 255,6
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	0,9	900	57,09	51 381	25 690,3
<i>Ipomoea calodendron</i> O'Donnell	0,3	300	8,77	2 632	1 315,8
<i>Leucaena trichodes</i> (Jacq.) Benth.	0,6	600	0,85	508	254,0
<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.	0,95	950	1,79	1 705	852,3
<i>Machaerium millei</i> Standl.	0,8	800	3,47	2 776	1 387,9
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud.	0,75	750	0,36	270	135,2
<i>Malpighia emarginata</i> DC.	0,6	600	0,02	14	7,2
<i>Piptadenia flava</i> (Spreng. ex DC.) Benth.	0,75	750	0,36	272	136,2
<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacquin	0,8	800	9,65	7 718	3 859,1
<i>Pisonia aculeata</i> L.	0,45	450	3,48	1 566	783,1
<i>Pisonia floribunda</i> Hook. F.	0,42	420	0,02	10	5,1
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	0,78	780	0,28	217	108,4
<i>Prockia crucis</i> P. Browne ex. L.	0,58	580	1,89	1 099	549,4
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC	0,65	650	0,05	33	16,3
<i>Randia aurantiaca</i> Standl.	0,6	600	0,01	6	3,2
<i>Salacia</i> sp.	0,76	760	2,17	1 651	825,7
<i>Sapindus saponaria</i> L.	0,8	800	0,02	19	9,7
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barnaby	0,5	500	0,26	129	64,4
<i>Simira ecuadorensis</i> (Standl.) Steyerm.	0,65	650	11,55	7 505	3 752,6
<i>Sorocea sprucei</i> (Baill.) J. F. Macbr.	0,6	600	0,01	7	3,7
<i>Terminalia valverdeae</i> A. H. Gentry	0,82	820	29,02	23 796	11 898
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey . Ex . C.A. Mey	0,55	550	0,03	17	8,4
<i>Vernonanthura patens</i> (Kunth) H. Rob.	0,35	350	0,00	1	0,5
<i>Zanthoxylum</i> sp.	0,61	610	0,01	8	4,1
<i>Ziziphus thyrsoflora</i> Benth.	0,85	850	0,81	692	345,8
Total fustes (kilogramos) en las cinco hectáreas			421,29	219 323	109 661
Total fustes (toneladas) en las cinco hectáreas					109,66

Captura de carbono de los componentes considerados

El carbono acumulado en el compartimiento leñoso de los bosques secos de la provincia de Loja, se calculó en base a fuste, raíz y copa de cada uno de los árboles inventariados en las cinco hectáreas de muestreo. En la tabla 2 se resume el aporte de cada elemento considerado.

Tabla 2. Resumen del contenido de carbono por compartimento leñoso considerado en el estudio de los bosques secos de la provincia de Loja (5 hectáreas)

Contenido de carbono de cada componente considerado	Toneladas (t)
Fustes	109,660
Raíces	32,90
Copas	21,93
Total del muestreo	164,49
Carbono acumulado por hectárea	32,90

En el bosque seco de la provincia de Loja, los árboles acumulan 32,90 toneladas de CO₂ por hectárea.

Valoración económica de la captura de carbono en los bosques secos de Loj

Transformación del carbono acumulado a dióxido de carbono capturado

Para conocer el CO₂ acumulado en los bosques secos, se transforma el carbono que esta acumulado en el comportamiento leñoso a CO₂ equivalente, para ello se multiplica por 3,6 que es el peso atómico del carbono (Tabla 3).

Tabla 3. Carbono acumulado en el compartimento leñoso considerado en el estudio de los bosques secos de la provincia de Loja, que son 5 hectáreas.

Carbono acumulado (t/ha)	32,90 x 3,6
Toneladas de CO ₂ equivalente (CO ₂ e/ha)	118,44
Total del bosque seco provincia de Loja	310 000 hectáreas
Total toneladas CO ₂ e en todo el bosque	36 716 400

Las toneladas de CO₂ equivalente por hectárea que poseen los bosques secos de la provincia de Loja (CO₂ e/ha) y que se considerará para la posible negociación es de 118,44 tCO₂e/ha.

Certificados o bonos de carbono que poseen los bosques secos de la provincia de Loja

Para calcular los certificados o bono de carbono que posee el bosque, se considera que 1 t de CO₂ equivalente representa un certificado o bono. La relación es que una tonelada de carbono es igual a un certificado, por lo cual el bosque seco tendría 118,44 certificados por hectárea.

Considerando que el bosque seco de la provincia de Loja posee 310 000 hectáreas, el total de certificados que se podrá negociar son: 36 716 400 certificados.

Valor económico total de bosque seco por el servicio ambiental captura de carbono

Lo que se negocia o vende en los mercados voluntarios son los certificados (CER), considerando el precio referencial actual de USD 5/Certificado (SENDEC0₂, 2017, Banco Mundial, 2016), entonces: como el bosque seco de la provincia de Loja posee 118,44 certificados x USD 5, cada hectárea de bosque tendría un valor de USD 592,20. En la tabla 4 se presenta el valor económico total que puede tener el bosque seco de la provincia de Loja por el servicio ambiental captura de carbono.

Tabla 4. Valor económico total del bosque seco de la provincia de Loja por captura de CO₂

Bosque	Total USD
Una hectárea	592,20
Todo superficie de los bosques secos de la provincia de Loja	310 000 ha.
Valor total de los bosques secos de la provincia de Loja por captura de CO ₂	183 582 000

El valor económico total del bosque seco de la provincia de Loja por la provisión del servicio ambiental captura de carbono es de \$ 183 582 000 dólares americanos.

Discusión

Estructura y composición florística del bosque seco de la provincia de Loja

Se identificaron 62 especies leñosas (\geq a 5 cm de $D_{1,30\text{ m}}$), registro que se enmarca dentro del rango promedio de la riqueza y diversidad de los bosques secos que según Fredericksen (2011) es de 30 a 90 especies. Este estudio registra datos similares a otros bosques secos ecuatorianos (Mendoza y Jiménez, 2008; Josse, 1997; Aguirre y Kvist, 2005, Aguirre y Kvist, 2009; Phillips y Miller, 2002), con menos especies que lo reportado por Espinosa *et al.*, (2012) ya que ellos incluyen especies del bosque piemontano seco de Loja. En otro ámbito los resultados son concordantes con registros de otros bosques secos neotropicales como los mexicanos (Zamora-Crescencio *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2007; Balvanera y Aguirre, 2006), venezolanos (Leython y Ruiz-Zapata, 2006; Dezzeo *et al.*, 2008), colombianos (Carrillo-Fajardo *et al.*, 2007; Mendoza, 1999; Ruiz-Linares y Fandiño-Orozco, 2009).

Los bosques secos de la provincia de Loja son semidensos; con dominancia de individuos de *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Handroanthus chrysanthus*, *Cordia macrantha*, *Cochlospermum vitifolium*. El estrato codominante constan: *Geoffroea spinosa*, *Bursera graveolens*, *Guazuma ulmifolia*, *Terminalia valverdeae* y *Prosopis juliflora*. En el estrato dominado crecen: *Simira ecuadorensis*, *Prockia crucis*, *Pithecellobium excelsum*, *Ipomoea pauciflora* y *Achatocarpus pubescens*. Esta estructura también ha sido reportada en estudios realizados por el Herbario Loja *et al.*, (2001), Mendoza y Jiménez (2008), Aguirre y Kvist (2009) para bosques secos del Ecuador. Mientras que para bosques de la zona Tumbesina del lado peruano Leal-Pinedo y Linares-Palomino (2005) señalan que los bosques tienen una altura del dosel entre 10-15 m y las especies sobresalientes son: *Handroanthus bilbergii*, *Terminalia valverdeae* y *Caesalpinia glabrata*. Rosal-Sánchez *et al.*, (2011) reportan para bosques de Piura que la altura del dosel es de 14,1 m, y los árboles emergentes son: *Ceiba trichistandra*, *Loxopterygium huasango* y *Cochlospermum vitifolium*.

Contenido de carbono de los bosques secos de la provincia de Loja

La captura de carbono del componente leñoso de los bosques secos de la provincia de Loja, es de 32,90 tC/ha, considerada similar a la acumulación de carbono de referencia reportada por las Estadísticas del Ministerio del Ambiente (2015), en donde el promedio para bosques seco pluviestacional es de 37 tC/ha. Comparando con otros ecosistemas de Ecuador es menor, así: con bosque seco andino es de 47,9 tC/ha., para los bosque siempreverde de ceja andina es de

105,10 tC/ha, para bosque siempreverde de piedemonte que es 122,80 tC/ha., y para bosque siempreverde de tierras bajas de la Amazonía el carbono almacenado es de 160,40 tC/ha; la menor cantidad de carbono acumulado en los bosques secos está dada y es entendida por la dinámica de la vegetación seca, influenciada especialmente por las condiciones climáticas imperantes en la zona de bosque seco.

Comparando con el estudio realizado por Ruiz y Tinoco (2013) que cuantificaron las reservas de carbono de tres áreas de conservación del programa socio bosque con ecosistemas de bosque seco de Zapotillo, en la provincia de Loja; los resultados demuestran similitud a los obtenidos en esta investigación; reportan un promedio de carbono del componente arbóreo de 36,15 tC/ha, siendo el total almacenado de 96,37 tC/ha, incluido necromasa y suelo.

Los estudios a nivel mundial para este tipo de ecosistemas son escasos, sin embargo, en estudios realizados por la FAO, indican que el almacenamiento de carbono en bosque secos es de 60 tCO₂/ha, en bosques primarios, mientras que en bosques secundarios es de 25 tCO₂/ha (Knninen, 2000), datos diferentes a los de la presente investigación.

En el estudio realizado por Siu & Ordeñana (2001), titulado: “Estimación del contenido y almacenamiento de carbono en el bosque seco secundario del refugio de vida silvestre Chococente, en Nicaragua”, se calcula la cantidad de carbono en tres diferentes edades del bosque, reportan valores de 21 tC/ha para bosque de 50 años considerando solo árboles, de la regeneración natural es de 3 tC/ha y el sotobosque 0,27 tC/ha, lo cuales son medianamente similares con los resultados obtenidos en la investigación del bosque seco de Loja. Al comparar con otro estudio realizado en la costa de Perú por Málaga, Giudice, Vargas y Rojas (2014), que reportan una captura de 17,9 tC/ha en los bosques secos peruanos, se demuestra que son inferiores a los bosques secos de Loja.

Valoración económica de la captura de carbono en los bosques secos de Loja

Considerando que cada tCO₂ representa un CER, en la provincia de Loja se podría negociar 36 716 400; cantidad considerable, cada uno tendría un valor de USD 5, que significaría ingresos suficientes para financiar la conservación de los bosques secos de Loja, tal como lo señala Aguirre (2011) en una perspectiva de buscar fuentes de financiamiento no tradicionales para costear las acciones de protección y manejo de ecosistemas en Ecuador

Aunque los precios de los CER han fluctuado durante la última década, con tendencia a la baja, en el año 2008 el precio se encontraba en USD 22,02, en el año 2010 llega a USD 14,32 y para el año 2013 a USD 4,45 que es el precio más bajo reportado, sin embargo, para el año 2017 el precio promedio se ha mantenido en USD 5/CER (SENDECO2, 2017).

Para este trabajo de investigación se considera el precio del 2017 (USD 5/CER), que permite una estimación financiera moderada del valor económico total por captura de carbono del bosque seco de la provincia de Loja (USD 183 582 000); constituyéndose en una opción para mejorar la percepción y valoración del bosque seco por parte de la comunidad e instituciones, en virtud de la provisión del servicio ambiental captura de carbono, en la perspectiva de aprovechar y conseguir recursos económicos que permitan mejorar la calidad de vida de los dueños y de la población que dependen de ellos. Es un valor alto, pero concuerda con las estimaciones reportadas por Aguirre (2010).

Conclusiones

El bosque seco de la provincia de Loja es un ecosistema con una gran diversidad de flora, se identificaron 62 especies leñosas, pertenecientes a 51 géneros y 29 familias, rango promedio de la riqueza y diversidad de los bosques secos del Ecuador.

En los bosques secos de la provincia de Loja se diferencian tres estratos, siendo las especies ecológicamente importantes: *Ceiba trichistandra*, *Simira ecuadorensis*, *Handroanthus chrysanthus*, *Eriotheca ruizii*, *Terminalia valverdeae*, *Bursera graveolens*, *Cochlospermum vitifolium* y *Cordia macrantha*, esto indica que el bosque conserva aún su composición, pero no la estructura; estos elementos florísticos tipifican el clímax para esta formación boscosa.

Realizado los cálculos de volumen y biomasa de los fustes de los árboles y considerando la densidad de madera de cada especie vegetal leñosa, se obtiene que en las 5 hectáreas de muestreo existen 164,49 t de carbono acumuladas; que significa que en el compartimiento leñoso de los bosques secos de la provincia de Loja existen 32,90 toneladas de C por hectárea.

El valor económico total por el servicio ambiental captura de carbono del bosque seco de la provincia de Loja, se calculó considerando las toneladas de CO₂ equivalentes (118,44), la

superficie de bosque seco (310 000 ha) y el precio referencial de cada certificado emitido en USD 5, obteniéndose un valor económico total de USD 183 582 000.

La valoración económica del servicio ambiental captura de carbono del bosque seco es una opción para mejorar la percepción y valoración del bosque seco por parte de la comunidad e instituciones involucradas, en la perspectiva de impulsar el aprovechamiento y conseguir recursos económicos que permitan mejorar la calidad de vida de la población local que dependen de ellos.

Bibliografía

Aguirre, Z. y Aguirre, N. (1999). *Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales*. Herbario Loja No. 5. Departamento de Botánica y Ecología de la Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Aguirre N. y Z. Aguirre. (2004). *Guía para monitorear la biomasa y dinámica de carbono en ecosistemas forestales en el Ecuador*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

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

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

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

Aguirre, Z. (2010). *Guía para estudios de composición florística, estructura y diversidad de la vegetación natural*. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Sucre, Bolivia.

Aguirre Z. (2011). *Economía ambiental: valoración económica del ambiente y de los recursos naturales*. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Aguirre-Mendoza, Z.; Betancourt-Figueras, Y.; Geadá-López, G. (2013). Regeneración natural en los bosques secos de la provincia de Loja y su utilidad para el manejo local. *Revista CEDAMAZ*. 3(1): 54-65.

Aguirre Z. (2014). Estructura del bosque seco de la provincia de Loja y sus Productos Forestales No Maderables: caso de estudio Macará Tesis Doctoral. Universidad de Pinar del Río, Cuba.

Aguirre N. (2010). Plan de Negocios para la comercialización de CER en la región sur del Ecuador. BIOSUR. Loja, Ecuador.

Balvanera P. y E. Aguirre. (2006). Tree Diversity, Environmental Heterogeneity, and Productivity in a Mexican Tropical Dry Forest. *Biotropica* 38(4): 479–491.

Banco Mundial (2016). Panel de Fijación del Precio del Carbono: Definición de una visión transformadora para 2020 y años venideros. Cumbre Paris. 15 de mayo de 2017, de Banco Mundial sitio web: <http://www.bancomundial.org/es/news/speech/2016/04/21/carbon-pricing-panel---setting-a-transformational-vision-for-2020-and-beyond>.

Carrillo-Fajardo, M., O. Rivera-Díaz, R. Sánchez-Montaña. (2007). Caracterización florística y estructural del bosque seco tropical del cerro Tasajero, San José de Cúcuta (norte de Santander), Colombia. *Revista Actualidad Biológica* 29 (86): 55-73.

Dezseo N., S. Flores, S. Zambrano-Martínez, L. Rodgers y E. Ochoa. (2008). Estructura y composición florística de bosques secos y sabanas en los llanos orientales del Orinoco, Venezuela. *Interciencia*. Volumen 33(10):733-740.

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

Fredericksen, T. (2011). Review silviculture in seasonally dry tropical forest. Chapter 16 in Gunter *et al.* 2011 (Eds). *Silviculture in the tropics*.

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

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

Josse, C. (1997). Dinámica de un bosque seco semideciduo y secundario en el oeste del Ecuador. P. 241-253. En Valencia R., y H. Balslev (Eds.). *Estudios sobre diversidad y ecología de plantas*. Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

Leal, J. y R. Linares. (2005). Los bosques secos de la reserva de biosfera del noroeste (Perú): diversidad arbórea y estado de conservación. *Revista Caldasia* 27(2):195-211.

Leython, S. y Ruiz T. (2006). Caracterización florística y estructural de un bosque estacional en el sector La Trilla, Parque Nacional Henri Pittier, estado Aragua, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*. 29(2):303-314.

Linares-Palomino, R. (2004). Los Bosques tropicales estacionalmente secos: II. Fitogeografía y composición florística. *Arnaldoa* 11(1):103-138.

Linares, R. y Ponce, S. (2005). *Tree community patterns in seasonally dry tropical forests in the Cerros de Amotape Cordillera*. Tumbes, Perú. *Forest Ecology and Management*. 209: 261-272.

Linares, R. (2005). *Spatial distribution patterns of trees in a seasonally dry forest in the Cerros de Amotape National Park, northwestern Peru*. *Revista Peruana de Biología* 12(2): 317 – 326.

Linares-Palomino, R. y Ponce-Álvarez S. (2009). *Structural patterns and floristics of a seasonally dry forest in Reserva Ecológica Chaparri, Lambayeque, Perú*. *Tropical Ecology* 50(2): 305-314.

Málaga, N., Giudice, R., Vargas, C. y Rojas, E. (2014). Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. Ministerio del Ambiente, Perú. http://www.bosques.gob.pe/archivo/libro_carbono.pdf

Mendoza, H. (1999). Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. *Caldasia* 21(1): 70-94.

Mendoza, J. y Jiménez, E. (2008). Estructura de la Vegetación, Diversidad y Regeneración Natural de Árboles en Bosque Seco en la Comuna Limoncito- Provincia de Santa Elena. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

Ministerio del Ambiente. (2015) Estadísticas de Patrimonio Natural. Datos de bosques, ecosistemas, especies, carbono y deforestación del Ecuador continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural, Sistema Único de Información Ambiental.

Montaño L. y Roa J.C. (2012). Estado actual de la conservación de los bosques secos pluviestacionales del suroccidente de la provincia de Loja. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Murphy, P. y Lugo, A.E. (1995). Dry forests of Central America and the Caribbean. En: Bullock, S.H., Mooney, H.A. y Medina, E. (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests*. Pp. 9-34. Cambridge University Press, Cambridge.

Phillips, O. y Miller, J. (2002). Global pattern plant diversity: Alwin H. Gentry, forest transect data set. Missouri Botanical Garden Press. San Louis Missouri. USA.

Ruiz-Linares J. y M. Fandiño-Orozco. (2009). Estado del bosque seco tropical e importancia relativa de su flora leñosa, islas de la Vieja Providencia y Santa Catalina, Colombia, Caribe suroccidental. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*. XXXIII (126): 5-15.

Ruiz I. y Tinoco H. (2013). *Cuantificación de las reservas de carbono en bosque seco dentro de tres áreas de conservación del programa socio bosque en el cantón Zapotillo, provincia de Loja*. Tesis Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

SENDECO₂. (2017). Precios de cotización de certificados de carbono. 15 de mayo de 2017 de SENDECO₂ sitio web: <http://www.sendeco2.com/es/>

Webber, L. (2009). Diagnóstico y plan de monitoreo de la calidad del agua en las Áreas de interés hídrico de los cantones Célica, Pindal, Puyango y Macará. *Naturaleza y Cultura Internacional*. Loja, Ecuador.

Zamora-Crescencio, P., Domínguez-Carrasco, M., Villegas, P., Gutiérrez, C., Manzanero, L., Ortega J., Hernández, S., Puco, E. y Puch, R. (2011). Composición florística y estructura de la vegetación secundaria en el norte del estado de Campeche, México. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*. México.

**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**

**Biotechnological processes for proliferation and rooting *in vitro* of hualtaco
Loxopterygium huasango Spruce ex Engl. from of dry forest in the province of Loja.**

Verónica Maribel Conde Solano¹, Víctor Hugo Eras Guamán², Darlin González Zaruma²;
José Moreno Serrano², Julia Minchala Patiño³, Magaly Yaguana Arévalo³, Ruth Poma
Angamarca³, Cristian Valarezo Ortega³.

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

² Docentes Investigadores, Universidad Nacional de Loja. Ecuador

³ Técnicos del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, Universidad Nacional de Loja.
Ecuador

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

Recibido: 2017-03-31

Aceptado: 12017-06-06

Resumen

La micropropagación *in vitro* de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl es una alternativa de propagación vegetal pues permite mayor conocimiento de factores fisiológicos y ambientales que envuelven el cultivo *in vitro* de esta especie. El objetivo de esta investigación fue la generación de procesos biotecnológicos y enraizamiento *in vitro* a partir de semillas, ápices caulinares y segmentos nodales. El material vegetal se colectó en tres cantones de la provincia de Loja. Metódicamente se utilizó el medio de cultivo Murashige Skoog más reguladores de crecimiento. El ensayo de multiplicación *in vitro* utilizó tres citocininas y tres auxinas. En germinación *in vitro* de semillas probamos tres métodos de escarificación y tres concentraciones de ácido giberélico (AG₃). Para el brotamiento *in vitro* de explantes se utilizó tres citocininas con sulfato de adenina y agua de coco. Se aplicó hipoclorito de sodio al 50 % durante cinco minutos y se controló la contaminación. Se obtuvo el 77,78 % de germinación sin escarificación, con adición de 1 mg/L de AG₃. La citocinina 2ip en concentración de 1 mg/L fue el mejor tratamiento en la multiplicación *in vitro* de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl. En el brotamiento de

explantes con 1 mg/L de 2ip + 5 mg/L de sulfato de adenina y 0% de agua de coco fue el mejor. La adición de 1 mg/L 2ip al medio de cultivo permitió obtener mejor crecimiento de la planta. En la fase de brotamiento, los tratamientos ensayados no permitieron la inducción de brotes, pero adicionando 1 mg/L 2ip suplementado con 5 mg/L de sulfato de adenina al medio se obtuvieron mejores resultados.

Palabras clave: Reguladores de crecimiento, propagación *in vitro*.

Abstract

In vitro micropropagation of *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl is an alternative practice of rapidly multiplying stock plant material to produce a large number of progeny plants, because it allows greater knowledge of physiological and environmental factors that surround the *in vitro* culture of this species. The generation of biotechnological processes and *in vitro* rooting from seeds, shoot apices and nodal segments was the general objective of this research. The plant material was collected in three cantons of Loja province. The Murashige and Skoog medium was employed plus plant growth regulators. The *in vitro* multiplication assay used three cytokinins and three auxins. At *in vitro* germination of seeds it was tested three methods of scarification and three concentrations of AG₃. For the *in vitro* sprout of explants we used three cytokinins with adenine sulfate and coconut water. Applying 50% of sodium hypochlorite for five minutes the contamination was controlled. It was obtained 77.78% of germination without scarification and the addition of 1 mg / L of AG₃. At the *in vitro* multiplication, the use of cytokinin 2ip at a concentration of 1 mg / L was the best plant treatment. In the budding of explants with 1 mg / L of 2ip + 5 mg / L of adenine sulfate and 0% of coconut water, it was the best. The addition of 1 mg / L 2ip to the culture medium allowed a better plant growth. In the budding phase, the treatments tested did not allow the induction of shoots, but adding 1 mg / L 2ip supplemented with 5 mg / L of adenine sulfate to the medium gave better results.

Keywords: growth regulators, *in vitro* propagation.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador los bosques secos se encuentran en el centro y sur de la región occidental de los Andes, en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Loja. Originalmente cerca del 35 % (28 000 km²) del Ecuador occidental estaba cubierto por bosque seco, se estima que el 50 % habría desaparecido (Aguirre y Kvist, 2005). En el Ecuador el estado de conservación de los bosques secos es crítico, debido a la explotación forestal a la que han sido sometidos, así como por su conversión en áreas

agrícolas y ganaderas, especialmente en la última mitad del siglo XX (Vázquez *et al.*, 2005).

Los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja, se ubican en áreas con una alta presencia humana, la cual representa el 60 % de la población rural de la provincia de Loja (Aguirre y Kvist, 2005). Esta presencia se debe a que estas formaciones vegetales se encuentran sobre suelos aptos para la producción agrícola, por lo que han sido intervenidos desde siglos pasados (Hocquenghem, A.M. 1998). Sin embargo, Aguirre y Kvist (2005) y Paladines (2003) mencionan que la mayor intervención se ha venido dando en las últimas décadas, sufriendo una constante degradación causada por la explotación selectiva de especies maderables de alto valor económico como: *Handroanthus chrysanthus*, *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl, *Bursera graveolens*, entre otras, que son características de la región de endemismo tumbesino y representativas de la Región Sur del Ecuador. Por otra parte, el sobrepastoreo de ganado caprino y bovino afecta la regeneración natural, alterando de esta manera la dinámica de crecimiento del bosque (Aguirre y Delgado, 2005).

La reforestación con especies nativas constituye una herramienta promisoría para la restauración de ecosistemas degradados en la región sur del Ecuador. Es importante entonces profundizar en el conocimiento de la ecología, silvicultura y biología reproductiva de las especies forestales nativas del bosque seco. Por ello, el mejoramiento de los conocimientos en técnicas de propagación constituye un aspecto fundamental en el proceso de restauración en paisajes degradados (Aguirre *et al.*, 2006).

La micropropagación vegetal se plantea como una alternativa de propagación vegetal, ya que esta técnica permite tener un mayor conocimiento de los factores fisiológicos y ambientales involucrados en la formación de órganos adventicios, mediante la propagación *in vitro*. La micropropagación constituye uno de los métodos biotecnológicos que mayores logros ha aportado al desarrollo de la agricultura, ya que se la usa en la producción masiva de especies hortícolas, aromáticas, medicinales, frutícolas, ornamentales y forestales. La propagación de plantas *in vitro* es una técnica muy utilizada en cultivos de importancia económica. Permite cultivar células, tejidos, órganos, semillas, embriones y obtener individuos selectos en forma rápida. Los cultivos son realizados por personal especializado en medios específicos (hormonas, minerales, vitaminas, fuente de carbono, agente gelificante, agua, etc.) y condiciones ambientales controladas (temperatura, humedad y luz). Una vez ajustados los protocolos para la especie o cultivo de interés, es posible automatizar el proceso de modo de llevarlo a mayor escala de producción (Segretin, M.E. 2006).

Bajo esta perspectiva se realizó la presente investigación cuyos objetivos son: 1) evaluar la desinfección de semillas y explantes de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl, aplicando distintas concentraciones y tiempos de inmersión en hipoclorito de sodio, durante la fase de implantación de los explantes; y, 2) evaluar el efecto de diferentes concentraciones hormonales para las fases de multiplicación, brotamiento y enraizamiento *in vitro* de explantes (ápices caulinares y segmentos nodales).

Materiales y métodos

Ubicación del área de estudio

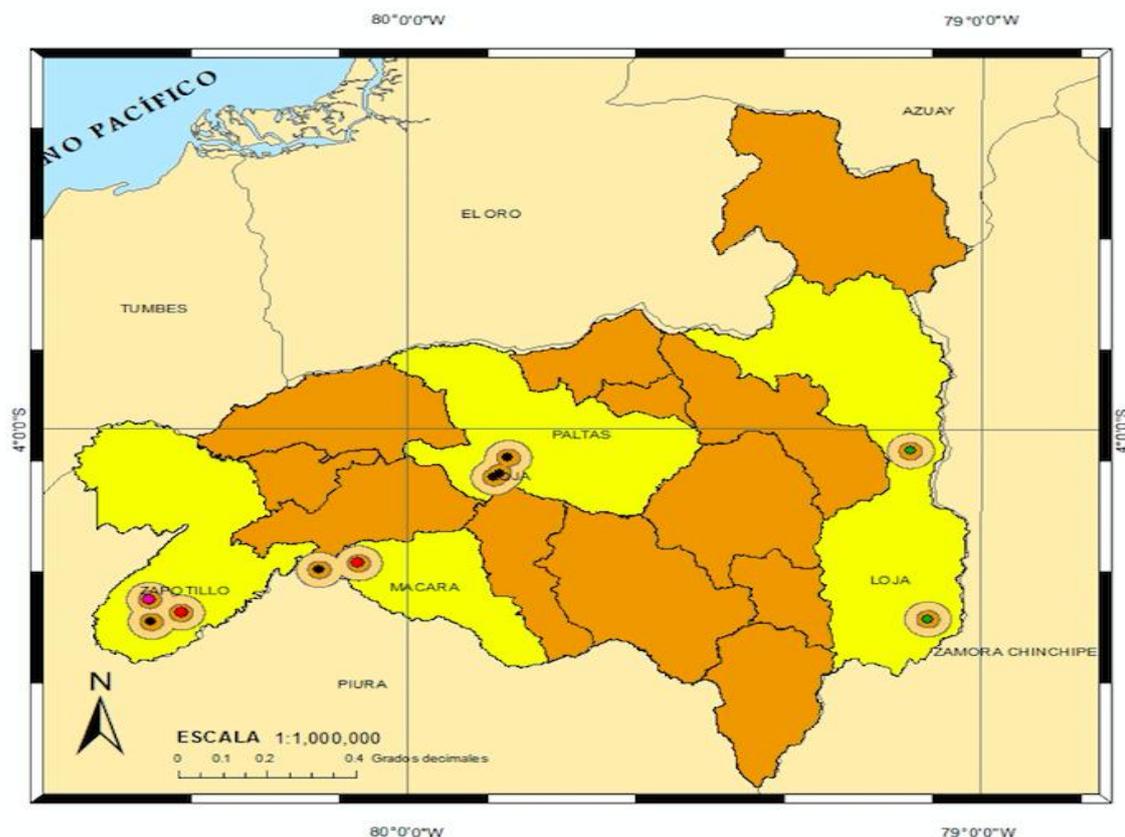


Figura 1. Mapa de la provincia de Loja en el cual se ubican los árboles de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl de los cuales se obtuvo en material vegetal para cada uno de los ensayos desarrollados a nivel *in vitro* de referencia en estudio.

La investigación se desarrolló en dos fases: 1) fase de laboratorio: se la desarrollo en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal del Área Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, el mismo que se encuentra ubicado a 3 km de la ciudad de Loja; y, 2) fase de campo: se efectuó en los sectores de Lucarqui – Bramaderos (cantón Paltas), Puente Internacional – Vicín (cantón Macará) y Limones (cantón Zapotillo). En estos sitios se recolecto el material vegetal como: semillas y explantes.

Selección de material Vegetal

Se emplearon semillas de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl recolectadas de árboles previamente seleccionados durante la ejecución del proyecto “Generación de protocolos para la propagación in vivo e *in vitro* de genotipos élites de especies forestales nativas y promisorias para la reforestación en la región sur del Ecuador” de la Universidad Nacional de Loja desde el año 2010 al 2012. En la selección se tomó en cuenta características fenóticas sobresalientes como fuste recto, sano y grueso, capacidad y edad para producir semillas, facilidad de recolección de frutos y buen estado fitosanitario. Además se seleccionó las semillas en base a los siguientes criterios: fisiológicamente maduras, tamaño adecuado y buen estado fitosanitario. La colecta del material vegetal para la obtención de explantes se realizó en árboles seleccionados, donde se colectó estacas de 50 a 60 cm de longitud y diámetro de 1 a 2 cm, procurando cortar ramas terminales y de esta forma obtener brotes tiernos.

Medio de cultivo

Se utilizó un medio de cultivo basal constituido por sales minerales MS de (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con concentraciones de las vitaminas: 1 mg/L de tiamina y 100 mg/L de mio-inositol; 20 gr/L de sacarosa; y, 6 gr/L de bacto agar, como agente gelificante. Para las fases de brotamiento y enraizamiento *in vitro* de explantes se adicionaron otras vitaminas con las siguientes concentraciones: 5 mg/L de tiamina, 100 mg/L de mio-inositol, 2 mg/L de piridoxina, 1 mg/L de ácido nicotínico y 2 mg/L de glicina. Además, se agregó 1 ml/L de Ergostín como bioestimulante vegetal, enriquecido con diversos reguladores de crecimiento como bencil amino purina (BAP), kinetina (KIN) y N-isopentenil adenina (2-iP) .

El pH de los medios de cultivo se ajustó a 5.8 ± 0.2 con HCl o NaOH 1N. Posteriormente se distribuyó 5 ml del medio de cultivo en tubos de ensayo y 25 ml en frascos de vidrio. Seguidamente se esterilizaron los tubos y frascos en autoclave a 120°C y 1,5 kg/cm² de presión.

Ensayo de desinfección de semillas

Previo el ensayo de germinación, las semillas de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl fueron desinfectadas en la cámara de flujo laminar con alcohol etílico al 70% durante 1 min y enjuague con agua destilada estéril. Para evaluar los efectos del ensayo se utilizó un diseño complementado al azar (DCA) con arreglo factorial. El primer factor fue el hipoclorito de sodio con tres niveles: 1) 25%; 2) 50 % y 3) al 75 %. El segundo factor fue el tiempo de inmersión con tres niveles: 1) 5 minutos de inmersión; 2) 10 minutos y 3) 15 minutos de inmersión. Se obtuvo un diseño 3 x 3 o nueve tratamientos a los que se les aplicaron 3 repeticiones. Los tratamientos a evaluarse fueron los siguientes: T1 = 25 % de hipoclorito de sodio + 5 min de inmersión; T2 = 25 % de hipoclorito de sodio + 10 min de inmersión; T3 = 25 % de hipoclorito de sodio + 15 min de inmersión ; T4 = 50 % de hipoclorito de sodio + 5 min de inmersión; T5 = 50 % de hipoclorito de sodio + 10 min de inmersión y, T6 = 50 % de hipoclorito de sodio + 15 min de inmersión; T7= 75 % de hipoclorito de sodio + 5 min de inmersión; T8 = 75 % de hipoclorito de sodio + 10 min de inmersión y, T9 = 75 % de hipoclorito de sodio + 15 min de inmersión.

Ensayo de desinfección e implantación *in vitro* de explantes provenientes de campo

El medio de cultivo para la implantación de los explantes recolectados en campo fue similar al medio de cultivo empleado en el ensayo para evaluar la desinfección *in vitro* de semillas. Adicionalmente se agregaron 1,5 gr/L de carbón activado, 150 mg/L de ácido cítrico y 100 mg/L de ácido ascórbico como agentes antioxidantes. La desinfección e inoculación *in vitro* de los explantes se realizó en la cámara de flujo laminar. Para la desinfección los explantes fueron colocados en hipoclorito de sodio. Se removió la solución de hipoclorito de sodio mediante tres enjuagues con una solución antioxidante estéril (ácido cítrico 150 mg/l y ácido ascórbico 100 mg/l). Los explantes permanecieron sumergidos en la solución antioxidante previo la inoculación. Seguido se inoculó un explante por cada tubo de ensayo que contenía el medio de cultivo; luego fueron colocados en el cuarto de incubación.

Se empleó un DCA con arreglo factorial. El primer factor fue el hipoclorito de sodio en tres niveles: 1) 15 %; 2) 20 % y 3) 25 %. El segundo factor fue el tiempo de inmersión en dos niveles: 1) 5 minutos de inmersión y 2) 10 minutos de inmersión. Se consideró un diseño 3 x 2 o seis tratamientos con tres repeticiones. Los tratamientos a evaluarse fueron los siguientes: T1= 15 % de hipoclorito de sodio + 5 min de inmersión; T2 = 15 % de hipoclorito de sodio + 10 min de inmersión; T3 = 20 % de hipoclorito de sodio + 5 min

de inmersión; T4 = 20 % de hipoclorito de sodio + 10 min de inmersión; T5 = 25 % de hipoclorito de sodio + 5 min de inmersión y, T6 = 25 % de hipoclorito de sodio + 10 min de inmersión.

Ensayo de germinación *in vitro* de semillas

La desinfección de semillas para el proceso de germinación se realizó con el mejor tratamiento obtenido en el ensayo de desinfección de semillas (T4 = 50 % hipoclorito de sodio + 5 min). Se utilizó la cámara de flujo laminar para inocular una semilla por cada tubo de ensayo, luego se colocaron los tubos de ensayo en el cuarto de incubación. Se evaluó los efectos del ensayo con un DCA con arreglo factorial 3 × 3 o nueve tratamientos con tres repeticiones. El primer factor fue la escarificación en tres niveles: 1) sin escarificación; 2) con escarificación física y 3) con escarificación mecánica. El segundo factor fue la cantidad de AG₃ en tres concentraciones: 1) 0 mg/l de AG₃; 2) 0,5 mg/l de AG₃ y 3) 1 mg/l de AG₃. Los tratamientos a evaluarse fueron los siguientes: T1 = Sin escarificación + 0 mg/l de AG₃; T2 = Escarificación físico + 0 mg/l de AG₃; T3 = Escarificación mecánica + 0 mg/l de AG₃; T4 = Sin escarificación + 0,5 mg/l de AG₃; T5 = Escarificación física + 0,5 mg/l de AG₃; T6 = Escarificación mecánica + 0,5 mg/l de AG₃; T7 = Sin escarificación + 1 mg/l de AG₃; T8 = Escarificación física+ 1 mg/l de AG₃ y T9 = Escarificación mecánica + 1 mg/l de AG₃.

Ensayos de multiplicación, brotamiento y enraizamiento *in vitro* de explantes (ápices caulinares y segmentos nodales)

Para evaluar las condiciones del ensayo se utilizó el DCA con arreglo factorial 3x2 o seis tratamientos con tres repeticiones. Estuvo conformado por tres factores: 1) BAP, 2) KIN y 3) 2-iP en dos concentraciones: 1 y 2 mg/l. Los tratamientos evaluados fueron: T1 = 1,0 mg/l de BAP; 2) T2 = 2,0 mg/l de BAP; 3) T3 = 1,0 mg/l de KIN; T4 = 2,0 mg/l de KIN; T5 = 1,0 mg/l de 2ip y T6= 2,0 mg/l de 2ip.

En el brotamiento *in vitro* de explantes se empleó un DCA con arreglo factorial 3 × 2 × 2 o 12 tratamientos con tres repeticiones. El primer factor fue el BAP en 1 mg/l más sulfato de adenina en dos porciones: 1) 5 mg/l de S. Adenina y 2) 25 mg/l de S. Adenina y más agua de coco en dos niveles: 1) 0 % de agua de coco y 2) 20 % de agua de coco. El segundo factor fue el KIN en 1 mg/l más sulfato de adenina en dos porciones: 1) 5 mg/l de S. Adenina y 2) 25 mg/l de S. Adenina y más agua de coco en dos niveles: 1) 0 % de agua de coco y 2) 20 % de agua de coco. El último factor fue el 2-iP en 1 mg/l mas sulfato de adenina en dos porciones: 1) 5 mg/l de S. Adenina y 2) 25 mg/l de S. Adenina y más agua de coco en dos niveles: 1) 0 % de agua de coco y 2) 20 % de agua de coco.

Los tratamientos evaluados fueron: T1 = 1 mg/l de BAP + 5 mg/l de S. adenina + 0 % de agua de coco; T2 = 1 mg/l de BAP + 5 mg/l de S. adenina + 20 % de agua de coco; T3 = 1 mg/l de BAP + 25 mg/l de S. adenina + 0 % de agua de coco; T4 = 1 mg/l de BAP + 25 mg/l de S. adenina + 20 % de agua de coco; T5 = 1 mg/l de KIN + 5 mg/l de S. adenina + 0 % de agua de coco; T6 = 1 mg/l de KIN + 5 mg/l de S. adenina + 20 % de agua de coco; T7 = 1 mg/l de KIN + 25 mg/l de S. adenina + 0 % de agua de coco; T8 = 1 mg/l de KIN + 25 mg/l de S. adenina + 20 % de agua de coco; T9 = 1 mg/l de 2ip + 5 mg/l de S. adenina + 0 % de agua de coco; T10 = 1 mg/l de 2ip + 5 mg/l de S. adenina + 20 % de agua de coco; T11 = 1 mg/l de 2ip + 25 mg/l de S. adenina + 0 % de agua de coco y T12 = 1 mg/l de 2ip + 25 mg/l de S. adenina + 20 % de agua de coco.

Para la fase de enraizamiento *in vitro* de explantes, se utilizó un DCA en arreglo factorial 3×3 , o nueve tratamientos con tres repeticiones. Como primer factor tenemos ANA en tres concentraciones: 1) 0,5 mg/l; 2) 1,0 mg/l y 3) 1,5 mg/l. El segundo factor fue AIA en tres concentraciones: 1) 0,5 mg/l; 2) 1,0 mg/l y 3) 1,5 mg/l. El último factor se consideró AIB en tres concentraciones: 1) 0,5 mg/l; 2) 1,0 mg/l y 3) 1,5 mg/l. Los tratamientos evaluados fueron; T1 = 0,5 mg/l de ANA; T2 = 1,0 mg/l de ANA; T3 = 1,5 mg/l de ANA; T4 = 0,5 mg/l de AIA; T5 = 1,0 mg/l de AIA; T6 = 1,5 mg/l de AIA; T7 = 0,5 mg/l de AIB; T8 = 1,0 mg/l de AIB y, T9 = 1,5 mg/l de AIB. La inoculación *in vitro* de los explantes, se realizó en la cámara de flujo laminar, sembrando dos explantes por cada frasco y posteriormente se colocaron en el cuarto de incubación.

Condiciones ambientales de incubación

Los frascos de vidrio y tubos de ensayo inoculados se mantuvieron en incubación en el cuarto de luces a una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y un fotoperiodo de 16-8 horas, luz-oscuridad.

Análisis estadístico de los datos: Se utilizó el programa Info Stat (Di Rienzo et al. 2009), en cual se realizó un análisis de varianza (ANAVA).- Se estableció diferencias significativas con el test de LSD Fisher a un nivel de significancia α de 0,05, en cada uno de los ensayos realizados.

RESULTADOS

Desinfección de semillas

La aparición de contaminación en las semillas se evidenció al cuarto día de evaluación a partir de la siembra en los tratamientos y se estabilizó al octavo día (Figura 2). Respecto

al porcentaje de contaminación se encontraron diferencias significativas ($p=0,0059$) entre tratamientos, el T1 (25 % de hipoclorito de sodio durante 5 min de inmersión) y T4 (50 % de hipoclorito de sodio durante 5 min de inmersión) presentaron los valores más bajos ($0 \pm 5,54$) (ver tabla 1).

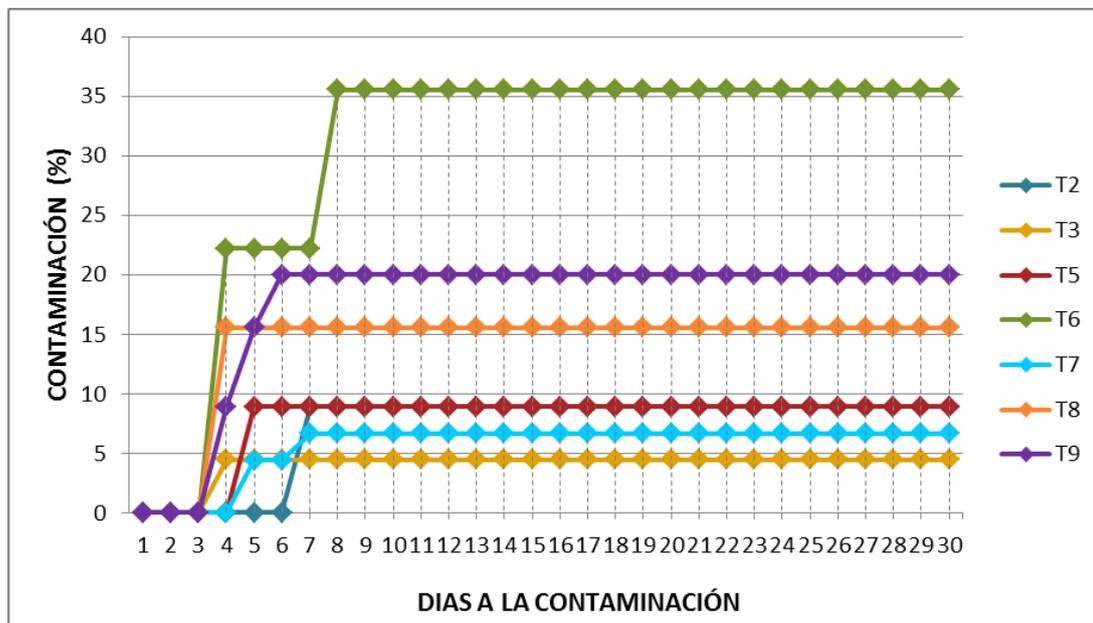


Figura 2. Representación gráfica del número de días a la contaminación de los diferentes tratamientos aplicados en la desinfección de semillas de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl.

Tabla 1. Promedios \pm error estándar de la variable evaluada en la desinfección de semillas de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl.

Tratamientos	% Contaminación
T1	$0 \pm 5,54^a$
T2	$8,89 \pm 5,54ab$
T3	$4,45 \pm 5,54ab$
T4	$0 \pm 5,54^a$
T5	$8,89 \pm 5,54ab$
T6	$35,56 \pm 5,54c$
T7	$6,67 \pm 5,54ab$
T8	$15,56 \pm 5,54ab$
T9	$20 \pm 5,54bc$

LSD Fisher $\alpha=0,05$; letras en común significan que los valores no son estadísticamente

Diferentes

Desinfección e implantación *in vitro* de explantes

Los resultados obtenidos referentes al porcentaje de contaminación no mostraron diferencias significativas ($p=0,1452$) entre tratamientos. El porcentaje de oxidación fenólica registró diferencias significativas ($p=0,0010$) entre tratamientos. Sin embargo el porcentaje de sobrevivencia, tuvo pérdida del 100 % de los explantes durante la fase de implantación *in vitro*, debido a que no se logró combatir la contaminación y oxidación fenólica (Tabla 2).

Tabla 2. Promedios \pm error estándar de las variables evaluadas en el ensayo de desinfección e implantación de explantes de campo de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl.

Tratamientos	% Contaminación	% Oxidación fenólica
T1	93,33 \pm 6,38ab	100,00 \pm 4,91b
T2	83,33 \pm 6,38ab	100,00 \pm 4,91b
T3	100,00 \pm 6,38b	70,00 \pm 4,91a
T4	93,33 \pm 6,38ab	73,33 \pm 4,91a
T5	80,00 \pm 6,38a	100,00 \pm 4,91b
T6	76,67 \pm 6,38a	100,00 \pm 4,91b

LSD Fisher $\alpha=0,05$; letras en común significan que los valores no son estadísticamente diferentes.

Germinación *in vitro* de semillas

La germinación se inició al cuarto día y se estabilizó en el día 16 (Figura 3). En cuanto a los porcentajes de germinación y mortalidad, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,2728$ y $p=0,9215$ respectivamente). El T7 (Sin escarificación + 1 mg/l AG₃) alcanzó el mayor valor de germinación con 77,78 % y una mortalidad de 13,33 %. Referente al porcentaje de contaminación, se encontraron diferencias significativas ($p<0,0001$) entre tratamientos, donde T2 (Escarificación física + 0 mg/l AG₃), T5 (Escarificación física + 0,5 mg/l AG₃) y T6 (Escarificación mecánica + 0,5 mg/l de AG₃), presentaron contaminación nula (Tabla 3).

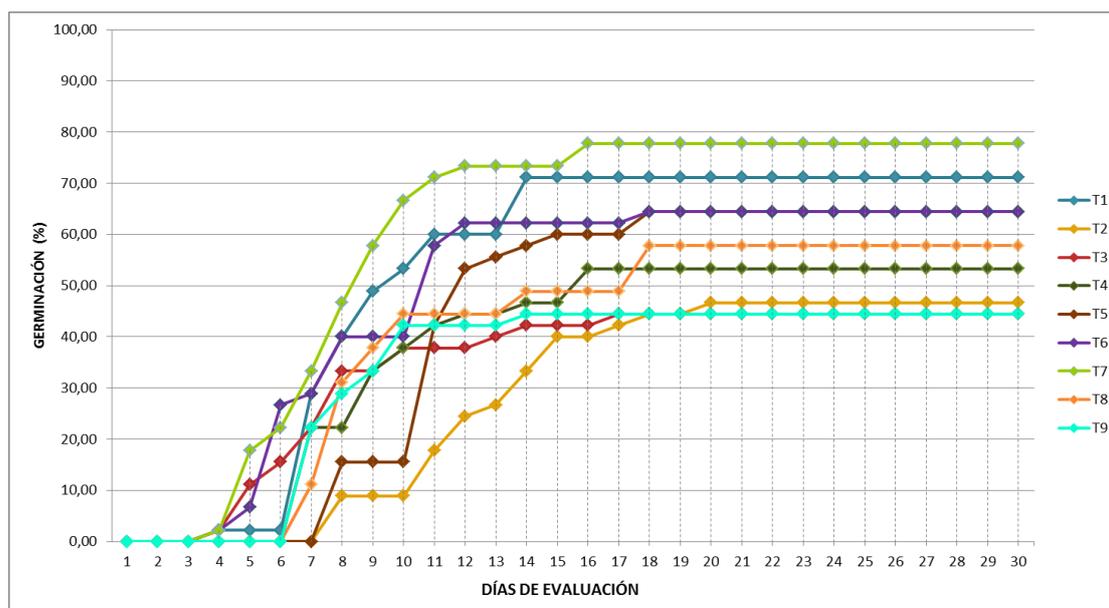


Figura 3. Curva de germinación acumulativa de los distintos tratamientos aplicados para la germinación *in vitro* de semillas de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl.

Tabla 3. Promedios \pm error estándar de las variables evaluadas en el ensayo de germinación *in vitro* de semillas de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl.

Tratamiento	% Germinación	% Mortalidad	% Contaminación
T1	71,11 \pm 10,29ab	22,22 \pm 5,49a	2,22 \pm 2,96 ^a
T2	46,67 \pm 10,29 ^a	17,78 \pm 5,49a	0 \pm 2,96 ^a
T3	44,44 \pm 10,29 ^a	15,56 \pm 5,49a	2,22 \pm 2,96 ^a
T4	53,33 \pm 10,29ab	11,11 \pm 5,49a	24,44 \pm 2,96c
T5	64,44 \pm 10,29ab	15,56 \pm 5,49a	0 \pm 2,96 ^a
T6	64,44 \pm 10,29ab	17,78 \pm 5,49a	0 \pm 2,96 ^a
T7	77,78 \pm 10,29b	13,33 \pm 5,49a	2,22 \pm 2,96 ^a
T8	57,78 \pm 10,29ab	15,56 \pm 5,49a	13,33 \pm 2,96b
T9	44,44 \pm 10,29 ^a	20,00 \pm 5,49a	26,67 \pm 2,96c

LSD Fisher $\alpha=0,05$; letras en común significan que los valores no son estadísticamente diferentes

Multiplicación *in vitro* de explantes

Los resultados referentes al porcentaje de contaminación y de mortalidad mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0360$ y $p<0,0001$ respectivamente). En cuanto a las variables número de brotes/explante ($p=0,5660$), tamaño del brote (mm) ($p=0,5310$) y altura de las plántulas ($p=0,0620$) no se encontraron diferencias significativas. Sin embargo, si se encontraron diferencias significativas entre tratamientos

para las variables: número hojas/explante ($p < 0,001$) y número de nudos/explante ($p = 0,006$) (Tabla 4).

El T5 (1 mg/l de 2ip) fue el mejor tratamiento, obteniendo el valor más bajo de mortalidad 13,33 %, la contaminación fue nula, se logró el mayor valor promedio de altura de las plántulas (5,21 cm), el mayor número de hojas formadas/explante (6,16). También se obtuvo el mayor número promedio de nudos/explante (5,40). Sin embargo, no se logró la formación de brotes en ninguno de los tratamientos aplicados.

Tabla 4. Promedios \pm error estándar de las variables evaluadas a los tres meses en el ensayo de multiplicación *in vitro* de explantes de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl.

Tratamientos	% Cont	% Mort	N° brotes/expl	Tamaño del brote (mm)	Altura de la planta (cm)	N° hojas/expl	N° nudos/expl
T1	10,00 \pm 7,07ab	53,33 \pm 5,61bc	0,00 \pm 0,06a	0,00 \pm 1,14a	3,85 \pm 0,38ab	3,83 \pm 0,56a	3,11 \pm 0,46a
	33,33 \pm 7,07c	66,67 \pm 5,61cd	0,00 \pm 0,06a	0,00 \pm 1,14a	3,36 \pm 0,38 ^a	3,78 \pm 0,56a	2,56 \pm 0,46a
T2	13,33 \pm 7,07abc	73,33 \pm 5,61d	0,08 \pm 0,06a	1,00 \pm 1,14a	4,41 \pm 0,38abc	6,11 \pm 0,56b	4,72 \pm 0,46bc
	23,33 \pm 7,07bc	20,00 \pm 5,61 ^a	0,11 \pm 0,06a	2,61 \pm 1,14a	4,64 \pm 0,38bc	6,03 \pm 0,56b	4,62 \pm 0,46bc
T3	0,00 \pm 7,07^a	13,33 \pm 5,61^a	0,00 \pm 0,06a	0,00 \pm 1,14a	5,21 \pm 0,38c	6,16 \pm 0,56b	5,4 \pm 0,46c
	0,00 \pm 7,07 ^a	43,33 \pm 5,61b	0,00 \pm 0,06a	0,00 \pm 1,14a	4,43 \pm 0,38abc	4,01 \pm 0,56a	3,49 \pm 0,46ab
T6							

LSD Fisher $\alpha = 0,05$; letras en común significan que los valores no son estadísticamente diferentes

Brotamiento *in vitro* de explantes

Los resultados del porcentaje de contaminación y de mortalidad no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,5465$ y $p = 0,8552$ respectivamente). Así también las variables número de brotes/explante ($p = 0,4803$) y tamaño del brote (mm) ($p = 0,5401$), no presentaron diferencias significativas entre tratamientos. En los diferentes tratamientos no se registró la formación de brotes. Sin embargo, si se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables: altura de la planta (cm)

($p=0,0026$), número hojas/explante ($p=0,0264$) y número de nudos/explante ($p=0,0021$) (Tabla 5).

El T9 (1 mg/L de Zip + 5 mg/l de S. adenina + 0 % de agua de coco) resultó ser el mejor tratamiento para promover la elongación del explante, pues obtuvo el valor promedio más alto de altura de las plántulas (5,31 cm) con (5,79) hojas/explante y (3,99) nudos/explante en promedio. La mortalidad fue del 50 % y la contaminación fue baja (6,67%), causada por hongos y bacterias.

Tabla 5. Promedios \pm error estándar de las variables evaluadas a los tres meses en el ensayo de brotamiento *in vitro* de explantes de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl.

Tratamientos	% Cont	% Mort	N° brotes/e xpl	Tamaño del brote (mm)	Altura de la planta (cm)	N° hojas/ex pl	N° nudos/ex pl
T1	0 \pm 2,72a	56,67 \pm 8,22a	0,00 \pm 0,06a	0,00 \pm 0,62a	3,75 \pm 0,27ab	3,40 \pm 0,53ab	2,16 \pm 0,34abc
T2	0 \pm 2,72a	53,33 \pm 8,22a	0,00 \pm 0,06a	0,00 \pm 0,62a	3,72 \pm 0,27ab	3,78 \pm 0,53ab	2,53 \pm 0,34abc
T3	0 \pm 2,72a	46,67 \pm 8,22a	0,00 \pm 0,06a	0,00 \pm 0,62a	3,37 \pm 0,27 ^a	2,72 \pm 0,53 ^a	1,78 \pm 0,34 ^a
T4	0 \pm 2,72a	40,00 \pm 8,22a	0,05 \pm 0,06a	0,29 \pm 0,62a	3,52 \pm 0,27ab	2,78 \pm 0,53 ^a	2,63 \pm 0,34abcd
T5	0 \pm 2,72a	46,67 \pm 8,22a	0,17 \pm 0,06a	0,94 \pm 0,62a	4,19 \pm 0,27bc	3,78 \pm 0,53ab	3,56 \pm 0,34de
T6	0 \pm 2,72a	43,33 \pm 8,22a	0,00 \pm 0,06a	0,00 \pm 0,62a	3,77 \pm 0,27ab	3,40 \pm 0,53ab	2,30 \pm 0,34abc
T7	6,67 \pm 2,72 ^a	36,67 \pm 8,22a	0,05 \pm 0,06a	0,71 \pm 0,62a	4,62 \pm 0,27d	4,03 \pm 0,53ab	2,91 \pm 0,34bcd
T8	0 \pm 2,72a	40,00 \pm 8,22a	0,00 \pm 0,06a	1,39 \pm 0,62a	3,86 \pm 0,27abc	3,02 \pm 0,53ab	2,05 \pm 0,34ab
T9	6,67 \pm 2,72^a	50,00 \pm 8,22a	0,06 \pm 0,06a	1,39 \pm 0,62a	5,31 \pm 0,27d	5,79 \pm 0,53c	3,99 \pm 0,34e
T10	0 \pm 2,72a	46,67 \pm 8,22a	0,12 \pm 0,06a	1,06 \pm 0,62a	3,68 \pm 0,27ab	3,11 \pm 0,53ab	2,22 \pm 0,34abc
T11	0 \pm 2,72a	50,00 \pm 8,22a	0,12 \pm 0,06a	0,74 \pm 0,62a	3,86 \pm 0,27ab	4,39 \pm 0,53ab	3,04 \pm 0,34ab

		8,22a	0,06a	0,62a	0,27abc	0,53bc	0,34cde
T12	0 ± 2,72a	40,00 ±	0,14 ±	1,61 ±	3,59 ±	3,88 ±	2,90 ±
		8,22a	0,06a	0,62a	0,27ab	0,53ab	0,34bcd

LSD Fisher $\alpha=0,05$; letras en común significan que los valores no son estadísticamente diferentes

Enraizamiento *in vitro* de explantes

Los resultados referentes al porcentaje de contaminación ($p=0,0008$) y número de raíces/explante ($p=0,0404$) si presentaron diferencias significativas entre tratamientos. En cuanto a las variables altura de planta (cm) ($p=0,8047$), número de hojas/explante ($p=0,5724$), número de nudos/explante ($p=0,1613$) y longitud de raíces (cm) ($p=0,4285$) no se encontraron diferencias significativas (Tabla 6).

El T6 (1,5 mg/L de AIA) obtuvo los mejores resultados según el número de raíces formadas/explante (23,90) y altura de la plántula (4,34 cm). Mientras que, el T5 (1 mg/l de AIA) obtuvo los valores más altos respecto al número de hojas/explante (5,35) y longitud de raíces (2,63 cm); y, el T1 (0,5 mg/l de ANA) fue el tratamiento que obtuvo el valor más alto en número de nudos/explante (3,8). En cambio, el T7 (0,5 mg/l de AIB) presentó los resultados más bajos en cuanto a la número de raíces formadas (5,87), número de nudos/explante (2,27) y longitud de raíces (1,38 cm); el T9 (1,5 mg/l de AIB) presentó el valor promedio más bajo para la variable altura de la planta (3,76 cm) y el T8 (1,0 mg/l AIB) alcanzó el valor más bajo en número promedio de hojas/explante (3,92).

Tabla 6. Promedios \pm error estándar de las variables evaluadas en el ensayo de enraizamiento *in vitro* de explantes de *Loxopterigium huasango* Spruce ex Engel.

Trat	% Cont	% Mort	Altura de la planta (cm)	N° Hojas/exp l	N° Nudos/ex pl	N° raíces/e xpl	Longitud de raíces (cm)
T1	0 ± 4,71a	46,67 ±	3,82 ±	5,28 ±	3,8 ±	10,94 ±	1,94 ±
		5,83ab	0,26a	0,57a	0,44b	3,12a	0,44 ^a
T2	33,33 ±	36,67 ±	4,09 ±	4,19 ±	2,75 ±	12,39 ±	1,39 ±
	4,71c	5,83a	0,26a	0,57a	0,44ab	3,12a	0,44 ^a
T3	0 ± 4,71a	56,67 ±	3,83 ±	4,85 ±	3,27 ±	11,17 ±	1,75 ±
		5,83b	0,26a	0,57a	0,44ab	3,12a	0,44 ^a
T4	0 ± 4,71a	53,33 ±	3,77 ±	4,72 ±	3,57 ±	8,72 ±	2,16 ±

		5,83ab	0,26a	0,57a	0,44ab	3,12a	0,44 ^a
T5	0 ± 4,71a	43,33 ±	3,99 ±	5,35 ±	3,58 ±	14,3 ±	2,63 ±
		5,83ab	0,26a	0,57a	0,44ab	3,12a	0,44^a
T6	16,76 ±	43,33 ±	4,34 ±	4,99 ±	3,57 ±	23,90 ±	2,41 ±
	4,71b	5,83ab	0,26a	0,57a	0,44ab	3,12b	0,44 ^a
T7	0 ± 4,71a	53,33 ±	3,84 ±	4,03 ±	2,27 ±	5,87 ±	1,38 ±
		5,83ab	0,26a	0,57a	0,44a	3,12a	0,44 ^a
T8	0 ± 4,71a	43,33 ±	4,03 ±	3,92 ±	2,33 ±	8,97 ±	1,63 ±
		5,83ab	0,26a	0,57a	0,44a	3,12a	0,44 ^a
T9	0 ± 5,77a	50 ±	3,76 ±	4,39 ±	2,74 ±	10,9 ±	1,96 ±
		7,14ab	0,26a	0,57a	0,44ab	3,12a	0,44 ^a

LSD Fisher $\alpha=0,05$; letras en común significan que los valores no son estadísticamente diferentes

DISCUSIÓN

Desinfección de semillas

Los tratamientos aplicados para la desinfección de las semillas de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl, demostraron que las distintas concentraciones de hipoclorito de sodio y tiempos de inmersión influyeron en la desinfección. Así con el T1 (25 % de hipoclorito de sodio, durante 5 min) y el T4 (50 % de hipoclorito de sodio, durante 5 min) la contaminación fue nula, lo cual es consistente con lo manifestado por Hernández y González (2010) quienes mencionan que a medida que aumenta la concentración del hipoclorito de sodio disminuye la incidencia de contaminantes, obteniendo menor contaminación con la concentración ensayada. Un aspecto que afectó a la desinfección de las semillas de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl es la existencia de bacterias endógenas, lo que fue confirmado por lo manifestado por Fuentes y Chuquillanque (2003) que indican que la presencia de bacterias endógenas permanecen latentes y aparecen en subcultivos avanzados. Durante la evaluación del presente ensayo se determinó que el T6 cuya concentración de hipoclorito de sodio y tiempo de inmersión fue mayor (50 % hipoclorito de sodio, durante 15 min) obtuvo el mayor porcentaje de contaminación con 35,56 %,

Desinfección e implantación *in vitro* de explantes de campo

La contaminación por hongos y bacterias destruyó completamente el cultivo *in vitro* de explantes provenientes del campo, pues los resultados del porcentaje de contaminación que se alcanzaron en los seis tratamientos de desinfección aplicados, empleando tres

concentraciones de hipoclorito de sodio (15, 20 y 25 % cloro comercial) en dos tiempos de inmersión (5 y 10 min) respectivamente, fueron superiores al 75% de contaminación. Esto coincide con lo manifestado por Ramírez y Salazar (1997) y Digonzelli *et al.* (2001) quienes señalan que es difícil controlar la presencia de microorganismos cuando la planta donante crece directamente en el campo y está expuesta a plagas y enfermedades, polvo y agentes, sin ningún tipo de control ambiental. Así los explantes que son tomados de plantas cultivadas en el campo en climas tropicales son más difíciles y a veces imposibles de esterilizar.

Tang y Newton (2004) y George (1996), señalan que la oxidación fenólica también se constituye en un factor limitante para el establecimiento *in vitro* de tejidos vegetales, especialmente cuando se utiliza material colectado directamente en el campo. Esto se evidenció en la presente investigación, mediante los niveles de fenolización de explantes de campo de *Loxopterygium huasango* que fueron mayores al 70 % en los seis tratamientos evaluados. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Méndez y Abdelnour (2014) quienes probaron la desinfección de explantes de *Terminalia amazonia* con hipoclorito de sodio al 3 % en 10 a 15 minutos y obtuvieron altos porcentajes de oxidación fenólica con 93,7 % y 84,2 % respectivamente.

Germinación *in vitro* de semillas

Las giberelinas constituyen una familia de compuestos químicos que regulan varios procesos del crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como la germinación de semillas, la elongación de tallos, el desarrollo de raíces y la floración (Gray y Estelle 1998). Con respecto a la germinación de semillas de *Loxopterygium huasango*, se obtuvo que el T7 (Sin escarificación + 1 mg/l de AG₃) alcanzó el porcentaje de germinación más alto con 77,78 %. Este valor fue similar al obtenido por Díaz (2012) quien alcanzó el 72 % de germinación en *Cedrela montana*, utilizando 2 mg/L de AG₃. Estos resultados corroboran lo mencionado por Zurita *et al.* (2014), López-Encina y González-Padilla (1996) quienes señalan que la germinación *in vitro* tiene ventajas frente a la propagación sexual por semillas, ya que podría aumentar la tasa de germinación, reducir el tiempo y homogenizar la germinación.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, el mayor porcentaje de mortalidad se registró en el T1 (Sin escarificación + 0 mg/l de AG₃), con 22,22 %; este valor es similar al reportado por Díaz (2012), donde alcanzó el 28 % de mortalidad, en la fase de germinación *in vitro* de *Cedrela montana*.

Multiplicación *in vitro* de explantes

El empleo de material vegetal aséptico proveniente de vitroplantas, permite disminuir la presencia de agentes contaminantes en el cultivo *in vitro* como lo manifiestan Leifert y Cassels (2001) y Suárez *et al.*, (2006). La presencia de contaminantes tanto externos, como internos afectan el desempeño de los explantes una vez establecidos en condiciones *in vitro*, haciendo indispensable el uso de técnicas que permitan la detección de patógenos sistémicos y su desinfección superficial (Suarez, I.E, 2006).

En la fase de multiplicación *in vitro* de explantes de *Loxopterigium huasango*, el T5 (1 mg/L de 2ip) permitió obtener la mayor altura promedio de las plántulas, con 5,21 cm, el mayor número de hojas (6,16) y número de nudos/explante (5,4). No se presentó contaminación en este tratamiento. Sin embargo, la mortalidad fue del 13,33%. Los resultados respecto a la no formación de brotes/explante difieren a los obtenidos por Montes (2007) quien al probar 1,5 mg de BAP junto con 0,5 mg/L de 2ip en la multiplicación de *Switenia humilis*, obtuvo la formación de brotes en un promedio de 2,3 brotes por explante. También obtuvo hojas de color verde intenso bien formadas y con una altura del brote de 2,1 cm.

Debido a que no se logró la formación de brotes en los tratamientos ensayados sería conveniente probar el uso de otra citocinina, como es la Benziladenina (BA), pues Zurita *et al.*, (2014) en su estudio con *Tilia mexicana* en explantes cultivados en MS con 0, 25 mg/L de ANA y 1,0 mg/L de BA, produjeron 7.75 brotes, en un periodo de 60 días. También se justifica por lo reportado por Orellana (1998) quien señala que la citocinina BA es la más efectiva y empleada para la inducción de brotes.

Brotamiento *in vitro* de explantes

Se afirma que durante esta fase de brotamiento se espera que los explantes originen brotes axilares con varios nudos y hojas Castillo (2004). De acuerdo a los resultados de la presente investigación no se tuvo respuesta favorable en la formación de brotes/explante, en los 12 tratamientos ensayados. No obstante, en el T9 (1 mg/L de 2ip + 5 mg/l de S. adenina + 0 % de agua de coco) se alcanzó los mejores resultados en altura de las plántulas con 5,31 cm, un promedio de seis hojas formadas y cuatro nudos. Además, se evidenció la formación de raíces con un promedio de 5,25 raíces/explante, de 1,36 cm de longitud. Estos resultados obtenidos son inferiores a los reportados por Minchala *et al.*, (2014) en el brotamiento *in vitro* de *Handroanthus billbergii*, pues al probar 1 mg/L de 2ip, suplementado con 25 mg/L de sulfato de adenina, y 20 % de agua coco, obtuvieron plántulas de 6,31 cm de altura, con 6 nudos en promedio y únicamente

lograron inducir la formación de un solo brote/explante de 4,8 cm de longitud. Esta comparación se fundamenta ya que estas dos especies forestales comparten el mismo hábitat en condiciones de campo y su desarrollo a nivel *in vitro* es también similar.

Los resultados obtenidos en la formación de brotes/explante de *Loxopterygium huasango* y los reportados por Minchala *et al.* (2014) en *Tabebuia billbergii*, son menores en comparación a los alcanzados por Díaz (2012) en *Cedrela montana*, que utilizando 2,0 mg/L de BAP donde se reporta un promedio de tres brotes por explante. También, difieren a los obtenidos por Castillo *et al.*, (2011) en *Cedrela odorata* en los cuales se probó la combinación de ANA (0,2 mg/L) y BA (2,0 mg/L), logrando la formación de 2,4 brotes/explante. La comparación de estos estudios similares, permite corroborar lo señalado por Bernal *et al.* (2009) quienes mencionan que los requerimientos de citocinina en las plantas *in vitro* son extremadamente variables y las respuestas a la inducción de brotes debido a que dependen del contenido endógeno de citocinina y del tipo de explante utilizado en cada especie.

Enraizamiento *in vitro* de explantes

El efecto de las auxinas en la iniciación y crecimiento de raíces adventicias en condiciones *in vitro* ha sido ampliamente estudiado y su aplicación en la fase de enraizamiento es de probada conveniencia, aunque existen especies que producen un buen sistema radicular en ausencia de estas (Suárez *et al.*, 2006). Por su parte Zurita *et al.*, (2014), indican que los sistemas de enraizamiento como etapa final en un proceso de micropropagación, permiten obtener plántulas en óptimas condiciones para su trasplante y aclimatación.

Los resultados de la investigación evidencian que el T6 (1,5 mg/l de AIA) permitió la formación del mayor número de raíces/explante con 23,90, con promedios tanto en longitud de 2,41 cm y altura de las plántulas de 4,34 cm. Estos valores alcanzados son superiores a los reportados por Castillo *et al.* (2011) en *Cedrela odorata* los que mediante la interacción ANA 0,05 mg/L + AIA 0,05 mg/L obtuvieron un promedio de 6,9 raíces formadas por brote. Ocurre lo mismo con los resultados alcanzados por Díaz (2012) en *Cedrela montana* quien con el uso 1 mg/L de AIB obtuvo un promedio de 2,4 raíces/explante de 3,05 cm de longitud. Pérez (1998), señala que es importante obtener un mayor número de raíces, aún de poca longitud, ya que las plantas obtenidas por cultivo *in vitro* requieren de un buen sistema radicular (mayor número de raíces), para tener éxito en la fase de trasplante y adaptación a condiciones de invernadero.

CONCLUSIONES

- La utilización de 50 % de hipoclorito de sodio durante cinco minutos para la desinfección de semillas de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl, permitió controlar la contaminación. Es importante mencionar que existieron tratamientos en donde se observó contaminación, la cual se debió a la presencia de hongos y bacterias endógenas que permanecen latentes en la especie.
- Los métodos de escarificación no incidieron en la germinación *in vitro* de las semillas de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl. El mayor porcentaje de germinación (77,78 %) se obtuvo en el tratamiento sin escarificación + 1 mg/l de AG₃.
- Para la fase de multiplicación *in vitro* de los explantes, la adición de 1 mg/L de 2-iP al medio de cultivo MS, permitió obtener el mejor crecimiento en altura de las plántulas con 5,21 cm, con seis hojas formadas y cinco nudos/explante en promedio.
- En la fase de brotamiento *in vitro* de los explantes, los tratamientos ensayados no permitieron la inducción de brotes, sin embargo, mediante la adición de 1 mg/L de 2-iP, suplementado con 5 mg/L de sulfato de adenina al medio de cultivo MS, se obtuvo los mejores resultados promedios, en altura de las plántulas con 5,31 cm, seis hojas y cuatro nudos formados/explante.
- Para la fase de enraizamiento *in vitro* de los explantes, la presencia de 1,5 mg/L de AIA en el medio de cultivo MS, permitió obtener los mejores resultados de enraizamiento, se logró inducir la formación de 24 raíces/explante en promedio, cuya longitud fue de 2,41 cm.

AGRADECIMIENTOS

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

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, Z., Delgado, T. (2005). Vegetación de los bosques secos de Cerro Negro-Cazaderos, Occidente de la provincia de Loja. En: Vázquez, M., Freile, J.F., Suárez, L. (eds). Biodiversidad en los Bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, suroccidente de la provincia de Loja: Un reporte de las evaluaciones ecológicas y

socioeconómicas rápidas, pp. 9-24 Eco-Ciencia, MAE y Proyecto Bosque Seco. Quito, Ecuador

Aguirre, Z., & Kvist, L. P. (2006). Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. *Lyonia*, 8, 41-67.

Álvarez, D. M., & Esquivel, A. A. (2014). Establecimiento *in vitro* de *Terminalia amazonia* (Gmel.) Excell. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 11(27), 7-21

Azofeifa, J. B., Rojas-Vargas, A., & Hine-Gómez, A. (2009). Optimización del proceso de enraizamiento y aclimatización de vitroplantas de *Swietenia macrophylla* King (Orden: Meliaceae). *Revista Tecnología en Marcha*, 22(3), 34.

Castillo, A. (2004). Propagación de plantas por cultivo *in vitro*: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. *Unidad de Biotecnología, INIA Las Brujas, Uruguay*.

Castillo, M., Machida, H., Cortés, C., & García, F. (2011). Multiplicación y conservación *in vitro* de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) a partir de meristemos. *VI Reunión Nacional de Innovación Forestal*, (pág. 9). León, Guanajuato.

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2009). InfoStat versión 2011. (Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba: Córdoba, Argentina).

Digonzelli, P., Díaz, L., Bellones, S. C., Latife, J., & Sosa, S. (2001). Diferentes dosis de PPM para contriolar la contaminación bacteriana y sus efectos sobre el crecimiento *in vitro* de caña de azúcar en la etapa de multiplicaión. *In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE BIOTECNOLOGÍA VEGETAL*.

Fuentes, S., & Chuquillanqui, C. (2004). Las enfermedades causadas por virus y su control. *El cultivo de ulluco en la sierra central del Perú. Serie: conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: una década de investigación para el desarrollo (1993–2003)*, (3). Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional del Centro, Instituto Viada en los Andes, Universidad Nacional Agraria La Molina, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Lima.

George, E. F. (1996). *Plant propagation by tissue culture. Part 2: the technology* (No. Ed. 2). Exegetics limited. England.

Gray, W. M., & Estelle, M. (1998). Biochemical genetics of plant growth. *Current opinion in biotechnology*, 9(2), 196-201.

Hernández, Y., & González, M. E. (2010). Efectos de la contaminación microbiana y oxidación fenólica en el establecimiento *in vitro* de frutales perennes. *Cultivos Tropicales*. 31(4), 15-23

Hocqueghem, A. (1998). Una historia del bosque seco. Memorias del Seminario Internacional Bosque Seco y Desertificación. A. Cuba Salerno (ed.). Lambayeque, pp. 231-254.

Quichimbo, D. (2012). Procesos morfogénicos *in vitro* de cedro (*Cedrela montana* Moritz ex Turcz) inducidos a partir de semillas para la propagación y conservación de germoplasma (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Leifert, C., & Cassells, A. C. (2001). Microbial hazards in plant tissue and cell cultures. *In vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 37(2), 133-138.

López, E. C. (1996). A propósito de semillas. 33. (Dialnet, Ed.) España: Encuentros en la Biología.

Mendoza, Z. A., Linares-Palomino, R., & Kvist, L. P. (2006). Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú. *Arnaldoa*, 13(2), 324-350.

Montes, A. M. (2007). Metodología de Micropropagación de segmentos nodales de caoba (*Swietenia humilis*), obtenidos mediante semilla seleccionada. Revista virtual de la Universidad Católica de Occidente Santa Ana. *Centro América 2da publicación junio-septiembre*.

Orellana, P. (1998). Propagación vía organogénesis. *En: Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología*. Pérez J. (Ed.). Instituto de Biotecnología de las Plantas. Universidad central de las Villas. 151-178.

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

Minchala, J., Eras, V., Poma, R., Yaguana, M., Muñoz, L., & Delgado, G. (2014). Propagación *in vitro* de guayacán negro, *Tabebuia billbergii* (Bignoniaceae), a partir de explantes obtenidos de plántulas *in vitro*. *Revista Biotecnológica*, 3 (1), 6-14.

Pérez, J., Mesén, F., Hilje, L., & Aguilar, M. E. (2002). Desarrollo de un método de micropropagación aplicable a genotipos selectos de *Cedrela odorata* L. Optimización de la fase de multiplicación. *Recursos Naturales y Ambiente*, (38), 67-71.

Ramírez, M., & Salazar, E. (1997). Establecimiento *in vitro* de segmentos nodales de guayabo (*Psidium guajava* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, (14): 497-506.

Segretín, M. E. (2006). Los cultivos celulares y sus aplicaciones II (cultivos de células vegetales). *Consejo argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología*.

Suárez, I. E., Jarma, A. J., & Avila, M. (2006). Desarrollo de un protocolo para propagación *in vitro* de roble (*Tabebuia rosea* Bertol DC). *Temas Agrarios*, vol. 11, pp. 52-62.

Tang, W., & Newton, R. J. (2004). Increase of polyphenol oxidase and decrease of polyamines correlate with tissue browning in Virginia pine (*Pinus virginiana* Mill.). *Plant Science*, 167(3), 621-628.

Vázquez, M. A., Freire, J. F., & Suárez, L. (2005). Biodiversidad en los bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. *EcoCiencia, MAE y Proyecto Bosque Seco. Quito*.

Zurita-Valencia, W., Gómez-Cruz, J. E., Atrián-Mendoza, E., Hernández-García, A., Granados-García, M. E., García-Magaña, J. J.,... & Sánchez-Vargas, N. M. (2014). Establecimiento de un método eficiente de germinación *in vitro* y micropropagación del cirimo (*Tilia mexicana* schlecht.)(Tiliaceae). *Polibotánica* (38), 129-144.

Plagas y enfermedades de la tuna *Opuntia ficus indica* L. en las condiciones ecológicas de la provincia de Loja

Pests and diseases of tuna *Opuntia ficus indica* L. In the ecological conditions of the province of Loja

Alvarado Jaramillo Vinicio^{1*}, Santín Calva Jaime²

¹ Docente de la Carrera de Manejo y Conservación del Medio Ambiente, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

² Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador

* Autor para correspondencia: vinicio.alvarado@unl.edu.ec

Recibido: 20 de abril del 2017

Aceptado: 8 de junio del 2017

Resumen

El presente estudio se realizó en cuatro sectores de la provincia de Loja: Malacatos, San Pedro de la Bendita, Nambacola y San Vicente del Río en poblaciones de *Opuntia ficus indica* L., establecidas de forma natural o sembradas en campo abierto, se evaluó en diferentes épocas del año para recolectar muestras de las principales sintomatologías de enfermedades, así como capturas de los insectos presentes en los cladodios y en flores. Se identificó a *Fusarium* sp., como principal patógeno que causa la enfermedad conocida como “lágrima de espelma” tanto en tunales jóvenes como adultos; también se encontró la enfermedad denominada “antracnosis” producida por el hongo *Colletotrichum* sp., y una asociación de hongos *Alternaria* sp., y *Capnodium* sp., que produce la “mancha plateada” generalmente en plantas de más de 5 años. Los insectos estudiados no presentaron mayores daños a los cladodios y a la planta en general, se identificaron como principales plagas a *Opuntiaspis phyllococcus* C., y la “cochinilla del carmín” *Dactylopius coccus* C., la misma que tiene como depredadores a insectos de las familias *Syrphidae* y *Crysopidae*. También se presentaron plagas potenciales como el “barrenador de cladodios” del orden *Lepidoptera* familia *Phycitidae* y al “chinche gris” del orden *Hemiptera* familia *Coreidae* llamado *Leptoglossus zonatus* D.

Palabras clave: *Opuntia*, tuna, nopal, plagas, enfermedades, polinizadores, cochinilla del carmín

Abstract

This study was conducted in Loja (Parroquia Malacatos), Catamayo (Parroquia San Pedro de la Bendita), Gonzanamá (Parroquia Nambacola) and Paltas (San Vicente del Río) in populations of *Opuntia ficus indica* L., established naturally or planted in the open field, in these places was made periodic visits at different times of the year to collect samples of the main symptomatology of diseases and catch insects present in both cladodes as flowers (pollinators). The samples were analysed in laboratories both the Ministry of Agriculture and the National University of Loja where isolations were performed in the case of diseases and dissections in the case of insects that allowed their identification and classification through of keys. *Fusarium* sp., was identified as the main disease that causes the disease known as “candle tear” both young tuna’s plants like those with more than five years old; the disease called “Anthracnose” produced by the fungus *Colletotrichum* sp., also found an association of fungi *Alternaria* sp., and *Capnodium* sp., which produces the silver stain in plants generally more than 5 years. Insects studied showed no further damage to the plant cladodes and generally identified as major pests is *Opuntiaspis phyllococcus* C., and “carmine cochineal” *Dactylopius coccus* C., the same that has as insect predator’s families of *Syrphidae* and *Crysopidae*; potential pests were identified as the “borer cladodes” order Lepidoptera family *Phycitidae* and “gravy bedbug” order *Hemiptera* family *Coreidae* called *Leptoglossus zonatus* D.

Keywords: *Opuntia*, *prickly pear*, *cactus*, *pests*, *diseases*, *pollinators*

Introducción

La provincia de Loja al igual que el territorio ecuatoriano cuenta con variedad climática debido a su posición geográfica (1°20'N y 5°S) y su amplia biodiversidad (Samaniego & et al., 2015) así como a las diferentes condiciones controladas por las variables topográficas (Rollenbeck & Bendix, 2006), y su particular formación geográfica que deriva en una confluencia estructural andina al final del Ecuador (IGM, 2013) que estrecha notablemente la distancia entre los ecosistemas presentes en la provincia de Loja; por otra parte, la influencia de la corriente del niño -El Niño Oscilación del Sur (ENOS)- (Vuille et al., 2000, Maturana et al., 2004; Kayano y Andreoli, 2007; Rossel y Cadier, 2009) citados por Samaniego *et al.*, (2015) tiene mucha incidencia en sectores occidentales como Gonzanamá, Paltas y Malacatos que reciben su influencia directa así como muchas zonas altoandinas hasta un rango de los 1800 msnm (Rossel, 1997).

Esta diversidad climática representa un abanico de posibilidades para la presencia de varios tipos de patógenos hongos e insectos cuyo estudio es de importancia en economía agrícola orientada a la producción de tuna; por otra parte, estas condiciones climáticas tienden a ser muy severas especialmente en ecosistemas de bosque o matorral seco, para quienes desean realizar actividades productivas agronómicas; dentro de las alternativas de producción que se pueden dar en estos ecosistemas con el factor agua como limitante está el cultivo de tuna *Opuntia ficus indica* L., planta xerófila adaptada a las condiciones de sequía y de la cual se conocen diversos usos en la medicina y la nutrición humana (Feugang *et al.*, 2006) su fruta es

muy apetecida y se han incrementado exportaciones hacia países como Italia, Sudafrica, Chile e Israel (Flores, de-Luna, & Ramírez, 1995) y como alimento para ganado bobino (Reveles, *et al.*, 2010) además en la agroindustria esta plantase usa como hábitat para el desarrollo y producción de la cochinilla del carmín *Dactylopius coccus* C., una plaga considerada económicamente rentable debido a los múltiples usos como colorante natural y una excelente alternativa para aquellas personas que han aprendido a comercializarla (Chávez-Moreno, Tecante, & Casas, 2009).

El presente trabajo enfatiza sus esfuerzos en mostrar a quienes dependen de esta actividad agronómica resultados preliminares de los principales insectos (algunos de ellos reconocidos en Perú y México) y enfermedades, que pueden llegar a obstaculizar el desarrollo normal de los cladodios en la tuna, haciéndolos poco receptivos a la cochinilla del carmín, de manera que puedan tomar las medidas de control necesarias para una adecuada producción. Los objetivos fueron estudiar hasta el nivel de orden y familia la fauna entomológica, asociada al cultivo *Opuntia ficus-indica*, la identificación taxonómica de las principales enfermedades fungosas, así como su descripción sintomática, incidencia y severidad presentes en los cultivos.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en la provincia de Loja, en dos fases, la primera de campo en los cantones Loja (parroquia Malacatos), Catamayo (parroquia San Pedro de la Bendita) que presentan ecosistemas de matorral seco montano (ms-M), en Gonzanamá (parroquia Nambacola) y Paltas (parroquia San Vicente del Río) que presentan ecosistemas de bosque seco montano (bs-M) (Lozano, 2002) ver Figura 1.

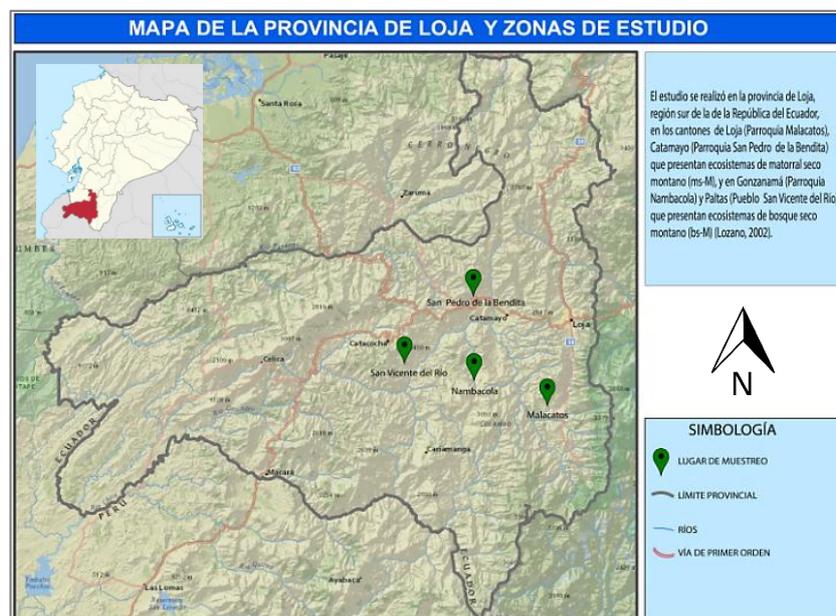


Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio

La segunda fase se realizó en el laboratorio de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura y Ganadería actualmente Agrocalidad y en el laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional de Loja. En la fase de campo se realizó el reconocimiento de las áreas de estudio, considerando las principales características ambientales de la zona de acuerdo a la clasificación propuesta por Ontivero, Martínez, González y Echavarría (2008) y considerando poblaciones de tunas tanto silvestres como cultivadas. A partir de esta observación, se asignaron los sectores a evaluar procesando las muestras de acuerdo a la técnica sugerida por Hamon y Kosztarab (1979); el tamaño de muestra considerado fue el de estimación de medias con universos finitos:

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

Dónde:

n = Tamaño de muestra

N = Tamaño del universo

Z = Es la desviación del valor medio que aceptamos para lograr el nivel de confianza deseado (95%).

e = Error de la estimación

σ^2 : Es la varianza que esperamos encontrar en la población

El muestreo fue al azar, se consideraron dos grupos de plantas: aquellas plantaciones menores a cinco años y plantas adultas ya establecidas. En esta fase se realizaron visitas de campo en las diferentes zonas de estudio, comprendidas entre los meses de marzo a diciembre en diferentes condiciones climáticas; se efectuaron capturas de diferentes tipos de insectos, para tal efecto, se observó el comportamiento del insecto y las relaciones insecto- órganos de la planta, relacionados al hábito alimenticio, hospedaje, enfatizando el análisis de la magnitud de daño que le produce a la planta en función del número de insectos, larvas, huevos por planta o cladodio. Las capturas se realizaron de manera preferencial por las mañanas, se colectaron insectos en estado larval, pupa, adulto o ninfas. Para insectos de movimientos rápidos y voladores se empleó una manga entomológica, para los insectos más pequeños presentes en las pencas o cladodios se emplearon pinceles gruesos que permitieron hacer barridos hacia los envases de captura, los especímenes adultos se conservaron en frascos con alcohol y ácido acético para su posterior observación.

Algunos insectos en estado larval como es el caso de lepidópteros, fueron trasladados en vivo a cámaras de cría con un pedazo de cladodio como fuente de alimento hasta obtener el adulto. En la fase de laboratorio se realizaron observaciones de los insertos de mayor tamaño en el estereoscopio, por otra parte, la observación de los pequeños se realizó mediante la destrucción de las estructuras blandas empleando hidróxido de potasio al 10 %, luego se realizó el montaje en placas para una correcta observación del exoesqueleto, segmentos antenales, pubescencias, espiráculos, entre otros aspectos claves en la identificación; en el caso de lepidópteros, se realizaron montajes temporales en glicerina para realizar las mediciones y dibujos de las secciones más importantes para la identificación como la distribución de las nervaduras en las alas, la información obtenida se contrastó con

documentos, imágenes y principalmente claves ilustradas de identificación entomológica para cada especie colectada, para el caso de Lepidópteros se empleó la clave ilustrada de Caballero, Habeck, & Andrews, (1994), para el caso de sírfidos se utilizó la clave de Coe, R. (1953), y demás especies en distintas claves como la de Grismado, Ramírez e Izquierdo (2000) para arácnidos, Boratynski & Davies (1971) así como la clave de Hamon & Williams (1984) para coccoideos, en el caso de himenópteros y heterópteros las claves de (Froeschner, 1960).

La identificación de enfermedades empezó con una inspección general de la zona, la colección de muestras se hizo mediante la observación de plantas con anomalías en la pigmentación o algún tipo de alteración en su estructura; se consideró el estado fenológico de la planta, las condiciones ambientales al momento de la colecta; las muestras se tomaron haciendo un corte de los cladodios enfermos, los mismos que se guardaron en bolsas y cartones debidamente identificados. Una descripción previa de la sintomatología se la realizó in situ, se anotaron las características más relevantes de las alteraciones, principalmente en los cladodios, ya sea en su consistencia tisular, profundidad, pigmentaciones, deformaciones, presencia de halos, considerando el patrón de distribución de la enfermedad. Además, se reconocieron en la planta los diferentes estados de progreso de la enfermedad; los datos se anotaron en una libreta de campo asignándole un nombre vulgar relacionado a su sintomatología, se señaló la fecha y lugar de recolección. Una descripción más detallada se la efectuó en el laboratorio empleando lupas 20x o estereoscopios a varios aumentos para un análisis macroscópico de la sintomatología, se realizaron las mediciones de la magnitud de las lesiones, además se descartaron muestras por carecer de importancia al no presentar ningún tipo de patógenos (daños mecánicos y de otro origen) para la identificación taxonómica preliminar se empezó con el aislamiento directo de las zonas necróticas de micelios y polvillos presentes en las lesiones, los que se colocaron en las placas porta objetos con agua destilada describiendo todas las observaciones microscópicas en un registro (forma del micelio, presencia de septos, forma de las esporas, esporangios).

Se utilizó también la cámara húmeda (fundas plásticas con algodón humedecido en agua destilada estéril), que favoreció la esporulación de los hongos. Como método principal para el aislamiento de hongos y bacterias se emplearon medios de cultivo PDA, LPGA cuya preparación se lo realizó tomando en cuenta los procedimientos descritos por Larone (1987). Las muestras fueron procesadas una a una, se realizaron aislamientos en cámara de flujo laminar. El aislamiento empezó con la desinfección de la muestra, lavándola con detergente y agua corriente, se cortó una pequeña parte del cladodio en la zona de transición y de ella pequeñas porciones que fueron desinfectadas en hipoclorito de sodio (1 minuto), se pasó luego por alcohol, se realizó doble lavado en agua destilada estéril en cajas Petri separadas, procediendo a sembrarlas en cajas con medio de cultivo general para hongos, de igual manera se procesaron las muestras con sintomatología bacteriana en medio para bacterias.

Para la identificación se consideró los postulados de Koch que dice: *“el hongo aislado, inoculado sobre una planta sana en una concentración determinada, con las condiciones de temperatura y humedad necesaria deben reproducir los mismos signos y síntomas encontrados en el campo”* (Agrios, 1996), esta inoculación se hizo en 30 plantas de cinco meses de edad, colocadas en ambientes separados en el invernadero a una temperatura promedio de 23,3°C y humedad relativa del 62 %. Se inocularon en cada ensayo ocho plantas cada uno con tres cladodios, a los que se desinfectaron con hipoclorito de sodio a 1 %,

dejando dos testigos. Se realizó primeramente una suspensión con el hongo en su estado conidial, a una concentración de 2×10^6 para los diferentes hongos, utilizando cepas puras, luego se inyectó la suspensión con una jeringa estéril a los cladodios, mientras que a los testigos se inoculó agua estéril, los cladodios tratados finalmente se cubrieron con fundas plásticas, dentro de las cuales se colocó un pedazo de algodón con agua destilada para incrementar la humedad. La evaluación de incidencia y severidad se efectuó en la fase de campo en plantas jóvenes (μ cladodios/planta = 25) y en plantas adultas (μ cladodios/planta = 47), para la incidencia se procedió a tomar el número de cladodios enfermos por planta y la severidad se calculó mediante el porcentaje de área afectada por cladodio; para la evaluación de severidad se tomaron escalas diagramáticas (Figura 2), elaboradas de acuerdo al patrón de distribución de las enfermedades y área del cladodio.

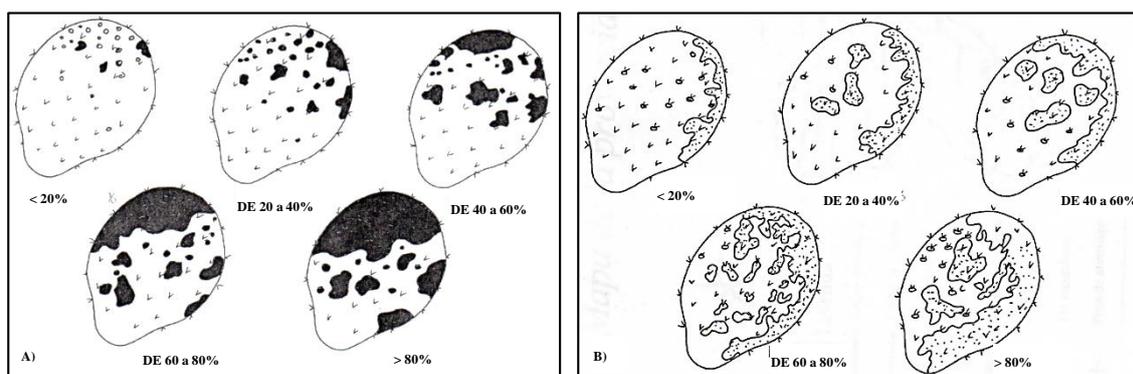


Figura 2. Escala diagramática para determinar severidad de: A) Fusariosis (lágrima de esperma) y B) Antracnosis (mancha plateada)

RESULTADOS

Fauna entomológica: La fauna entomológica asociada a *Opuntia ficus indica* L. recolectada y clasificada en el presente trabajo se puede apreciar en la Tabla 1, se encontraron ocho ordenes: siete de la clase insecta y uno de la clase arácnida, a pesar de que algunos de ellos tienen una importante presencia poblacional en todos los sectores de la investigación no constituyen plagas claves del cultivo y otros son benéficos, cumplen la función de depredadores.

Tabla 1. Fauna entomológica asociada a la tuna colectada y clasificada en la provincia de Loja.

Orden	Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Función	Tipo
Hemiptera	DIASPIDIDAE	Escamas o Conchuela	<i>Diaspis echinocacti</i> .	Chupador de savia	Plaga potencial
Hemiptera	DACTYLOPIIDAE	Cochinilla	<i>Dactylopius coccus</i> C.	Chupador de savia	Plaga potencial
Hemiptera	CICADELLIDAE	Periquito	No identificado	Chupador de savia	Plaga potencial
Lepidoptera	PHYCITINAE	Barrenador	No identificado	Barrenador de Cladodio	Plaga potencial
Lepidoptera	PIERIDAE	Mariposa amarilla	No identificado	Polinizador	Benéfico
Diptera	SYRPHIDAE	Sírfido	No identificado	Depredador de escamas	Benéfico
Hemiptera	COREIDAE	Chinche	<i>Leptoglossus</i>	Chupador de savia	Plaga potencial

Coleoptera	COCCINELLIDAE	Escarabajo	<i>zonatus</i> D. <i>Schymus</i> sp.	Depredador de escamas	Benéfico
Neuroptera	CHRYSOPIDAE	Crisopa	<i>Chysopa</i> sp.	Depredador de escamas	Benéfico
Himenoptera	FORMICIDAE	Hormiga Arriera	No identificado	Comedor brotes tiernos	Plaga potencial
Himenoptera	FORMICIDAE	Hormiga Negra	No identificado	Barrenador de Cladodio	Plaga potencial
Himenoptera	APIDAE	Abejorro	No identificado	Polinizador	Benéfico
Araneida	ARANEIDAE	Araña de monte	No identificado	Depredador	Benéfico
Araneida	ARANEIDAE	Araña verde	No identificado	Depredador	Benéfico

Nota: Para las especies “no identificadas” no existieron disponibles claves específicas para determinar el género en su momento.

Enfermedades identificadas: Los patógenos encontrados en el presente estudio corresponden a cinco órdenes agrupados en cuatro familias como se puede apreciar en la Tabla 2., los principales géneros identificados fueron *Fusarium*, *Alternaria*, *Capnodium*, *Colletotrichum* y *Glomerella* que producen diferentes sintomatologías.

Tabla 2. Enfermedades asociadas a la Tuna identificadas en la provincia de Loja.

Orden	Familia	Nombre Común	Nombre Científico	Daños	Presencia
Hypocreales	Nectriaceae	Lagrima de espelma	<i>Fusarium</i> sp.	Pudriciones	Alta
Pleosporales	Pleosporaceae	Mancha plateada	<i>Alternaria</i> sp.	Secamiento	Alta
Capnodiales	Capnodiaceae	Mancha plateada	<i>Capnodium</i> sp.	Secamiento	Media
Glomerellales	Glomerellaceae	Antracnosis	<i>Colletotrichum</i> sp.	Lesiones	Alta
Glomerellaceae	Glomerellaceae	Antracnoisis	<i>Glomerella</i> sp.	Lesiones	Alta

Nota: La presencia se estableció por la frecuencia de apariciones en las poblaciones de tuna.

Incidencia y Severidad: La evaluación de incidencia y severidad se puede observar en la Tabla 3, dicha evaluación muestra la comparación de plantas de tuna menores y mayores a cinco años, la incidencia medida en número de cladodios afectados por planta y la severidad medida como el porcentaje del área afectada del cladodio.

Tabla 3. Incidencia y severidad de las enfermedades presentes en *Opuntia ficus indica*.

Sector	Enfermedad	Plantas menores a 5 años		Plantas mayores a 5 años	
		Incidencia (Nº)	Severidad (%)	Incidencia (Nº)	Severidad (%)
San Francisco	Lágrima Espelma	10,6	20	17,2	20
San José	Mancha Plateada	-	-	35,5	80
Pedregal	Lágrima	13,4	40	37,4	40
	Mancha Plateada	-	-	33	80

	Antracnosis	-	-	13,3	40
Santa Gertrudis	Lágrima Espelma	-	-	34,7	40
	Mancha Plateada	-	-	34,3	80
Nambacola	Antracnosis	-	-	27,3	80
	Lágrima Espelma	-	-	7,1	20
San Pedro de la Bendita	Lágrima Espelma	11,4	20	18,2	20
	Mancha Plateada	-	-	23,3	20

La estructura morfológica de *Opuntia* sp. no ofrece las mejores condiciones para refugiar poblaciones de insectos, la forma plana de sus cladodios, su forma regular y epidermis lisa, expone a los insectos a la depredación, solo aquellos insectos adaptados muestran un número alto en su población como el caso de *Opuntiaspis* sp. y *Dactylopius* sp., que se fijan en la epidermis y presentan una movilidad casi nula; por otra parte las enfermedades se ven reducidas debido a que la epidermis cerosa de la planta, limita la fijación de la humedad sin la cual los patógenos (hongos y bacterias) no tienen las condiciones para reproducirse; sin embargo muchas de las enfermedades detectadas son de tipo vascular como *Fusarium* sp. Otro factor que es importante señalar es la presencia de “Fumagina” combinación de algunos hongos patógenos que cubren los cladodios debido a las secreciones de los Homópteros que parasitan la planta. A continuación, se describen algunas características de la fauna entomológica y enfermedades encontradas e identificadas.

Fauna entomológica

Escama o conchuela.- Este insecto está presente en todos los sectores en los que se llevó a cabo esta investigación, especialmente en plantas aisladas un nivel de incidencia elevado, cubriendo en algunos casos casi la totalidad del cladodio o compitiendo con la cochinilla del carmín en huertos. Este insecto inserta los estiletes bucales en el cladodio para succionar la sabia, produciendo un necrosamiento o amarillamiento en el tejido superficial de la penca. Este insecto se lo encuentra en la superficie del cladodio, viviendo a expensas de la tuna y que en la mayoría de los casos cubren la totalidad del cladodio.

Cochinilla.- De importancia económica significativa, se encuentra en la mayoría de las plantaciones cultivadas y silvestres de la tuna, debido a que es el propio campesino quien la reproduce, la cochinilla actúa sobre el cladodio de la misma manera que la escama. Produce en casos de gran infestación un adelgazamiento del cladodio debido a la pérdida de la sabia. Son fácilmente distinguibles en el cladodio porque usualmente se agrupan formando colonias cubiertas de un polvillo blanco denso. Las hembras al nacer son móviles, pero luego permanecen fijas con el pico clavado en el cladodio absorbiendo la sabia. Los machos son completamente diferentes, presentan un aparato bucal atrofiado que torna a estos individuos frágiles con periodos de vida relativamente corta al no poder alimentarse.

Periquito.- Es fácilmente identificable por su patrón de colores y además porque tienden a saltar el momento de sentir la presencia de agentes extraños. La presencia de este insecto está marcada en la parroquia de Malacatos (sectores San Francisco Alto y El Pedregal) del cantón Loja. En el campo no se observaron daños hechos directamente a la planta, pero el nivel poblacional es relativamente alto.

Barrenador.- A este lepidóptero se puede encontrar especialmente en los sectores el Pedregal y San Francisco de la parroquia Malacatos y en San Vicente del Río del cantón Paltas. En su estado larval constituye galerías en el interior de las pencas y a manera de protección contra agentes externos teje hilos sedosos al principio y luego deposita sus excrementos en el lugar de entrada lo cual hace más fácil su localización ya que estos excrementos al mezclarse con una sustancia epidérmica que emite la penca forma una verdadera masa, endurecida muchas veces. El sector del cladodio en cuyo interior la larva construye una galería que torna la epidermis dura y necrótica. Costa (1949) menciona un lepidóptero de nombre científico *Laetilia coccidivora* Comstock como un depredador de *Coccideos* y que por sus características podría tratarse del colectado en este trabajo. Es una polilla pequeña de color gris oscuro, la cual antes de comenzar a construir su capullo en el cual se transforma en pupa, la duración del estado pupal fue de 30 días en condiciones de laboratorio.

Mariposa amarilla.- Se la encuentra en los tunales de la provincia de Loja, en época de floración constituyéndose en uno de los principales polinizadores de la tuna. Esta mariposa es de tamaño grande, una de las características principales de la subfamilia *Pierinae* es que esta presenta en la región basal costal de cada ala posterior donde existe la presencia de una vena humeral.

Sírfido.- Insecto encontrado en el sector de San Pedro de la Bendita del cantón Catamayo y en la ciudad de Loja en el sector del Pedregal. Este Sírfido es depredador de *Dactylopius coccus* C. y *Opuntiaspis phylococcus* C. en su estado larval. Y realiza su estadio pupario en las espinas de los cladodios.

Chinche.- La presencia de este insecto es general en todos los sectores de la provincia en que se llevó a cabo la investigación. Se los encuentra tanto en cladodios viejos y jóvenes, con mayor presencia en brotes de reciente formación. Succionan la sabia al insertar sus estiletes en la base de las espinas, dejando a través de esas heridas la posibilidad de ingreso de bacterias y virus, sin embargo, no se apreciaron daños mayores por la acción directa de este insecto.

Escarabajo.- Este es un depredador de las escamas, por lo cual, su presencia evidente en tunales infestados de *Opuntiaspis phylococcus* Cockerell. Este es un insecto pequeño de forma esférica que participa en el control biológico de las escamas.

Chrysopa.- Insecto encontrado principalmente en San Francisco Alto (Malacatos) y San Vicente del Río. En su estado larval este neuróptero juega un papel muy importante en el control biológico de la escama, ya que se alimenta de esta en sus estadios finales. Las larvas no son fácilmente identificables en el cladodio ya que se encuentran cubiertas por un polvillo blanco muy semejante al que segregan las cochinillas, confundiendo por lo tanto con estas y con las escamas de las cuales es un agente regulador.

Hormiga Arriera.- Encontrada principalmente en el Pedregal de la parroquia Malacatos. Ataca principalmente los brotes jóvenes de la tuna, masticándolos y trozándolos para luego llevarlos a su nido u hormiguero.

Hormiga Negra.- Esta hormiga se la encuentra como parte de la fauna insectil de la tuna en todos los sectores de la investigación; sin embargo, no se observaron daños producidos en los cladodios, aun cuando debemos mencionar que su presencia era mayoritaria en lesiones del cladodio, de tal manera que al abrirlas salían de ellas como si hubiesen formado un

hormiguero en el interior de los cladodios. Este himenóptero se lo puede localizar cuando se moviliza por el cladodio de la tuna.

Abejorro.- Presente en las plantaciones de tuna en época de floración, ya que este himenóptero es uno de los principales polinizadores de esta planta.

Araña Estrellada. Esta araña constituye las redes en forma de polígonos concéntricos a base de hilos radiales y circulares en las cuales atrapa sus presas, sirviendo de regulador natural de los insectos presentes en la planta de tuna. Se la encontró principalmente en Nambacola y en el sector de Malacatos.

Araña Verde.. Este arácnido fue localizado en todos los lugares en que se llevó a cabo la presente investigación. Es un regulador natural de la fauna insectil asociada a la tuna.

Enfermedades identificadas:

Las principales enfermedades identificadas asociadas a *Opuntia* sp. tienen como característica principal ser patógenos de muchas especies de plantas y cultivos, provocan daños irreparables en los tejidos de las pencas o cladodios, gran parte de ellas son muy agresivas y sus daños reducen notablemente las poblaciones de plantas,

Fusarium sp. Esta enfermedad se la denominó “Lágrima de espelma” o su equivalente en otros países como lagrima de vela debido a que la secreción que sale de los cladodios es de color blanquecino que al gotear se solidifica dándole esa forma característica. Esta enfermedad se encuentra en la mayor parte de los sectores productores de tuna precisamente porque es un patógeno que ataca a una gran diversidad de hospederos.

Sintomatología: Los síntomas de esta enfermedad empiezan con una mancha acuosa de forma casi siempre circular, en el centro de la misma tiene un color café oscuro con bordes acuosos. A medida que progresa la enfermedad el área de la mancha se deprime comenzando desde el centro y tomando una coloración café, alcanza en primera instancia un diámetro de 1 cm característico en pencas jóvenes, para luego alcanzar un promedio que va de 2,5 cm a 5 cm. Mientras que en cladodios de reciente formación, esta enfermedad presenta un patrón de distribución que no se limita solamente al centro sino que se distribuye en los bordes del mismo, especialmente entre la parte media y superior llegando a cubrir más del 50 % del área del cladodio y en alguno de los casos lo elimina.

Además, existen cladodios que presentan pudriciones blandas dispersas, ya sean en grupo o individuales, de coloración café oscuro, mientras que otras se encuentran en estado acuoso o lignificado comprometiendo las dos caras del cladodio, llegando finalmente a marchitar la zona afectada para luego formar una costra de color negro cubierta de un polvillo que se desprende del cladodio, señal rotunda de la defensa por parte de la planta ante esta enfermedad, aunque no siempre es así. En poblaciones silvestres y en plantas con más de cinco años con cladodios formados, esta enfermedad se manifiesta como pequeñas lesiones color café claras, de forma circular que al aumentar el tamaño se deprimen en su perímetro y el interior de la mancha se abre; se presenta en esta etapa una coloración negra, las manchas evolucionan aumentando su tamaño, algunas se unifican y producen abolladuras produciendo costras de color negro cubierto con un polvillo blanco, estas al desprenderse causan perforaciones que son típicas de la enfermedad, tanto en el centro como en los bordes del

cladodio. En otros casos las lesiones no logran alcanzar su pleno desarrollo quedando pequeñas y lignificadas sin llegar a comprometer el tejido interno del cladodio.

***Alternaria* sp. y *Capnodium* sp.** Denominada “Mancha Plateada”, está presente en la mayoría de los sectores muestreados, especialmente en el Pedregal y San Francisco. Se encuentra principalmente en plantaciones con más de cinco años de edad y en poblaciones silvestres, la enfermedad es muy notoria ya que la mancha se extiende a partir de la base de la planta, llegando a cubrir las dos terceras parte de la misma. La mancha plateada es producida por un complejo de hongos, según las observaciones realizadas en las muestras obtenidas en campo, donde sobresalen la *Alternaria* y *Capnodium*.

Sintomatología: Esta enfermedad se inicia con pequeñísimas erupciones en la epidermis, de aspecto clorótico que muestran sobre las mismas una puntuación rojiza, la misma lesión puede evolucionar o no, quedándose pequeña y abriéndose levemente en la parte superior. En las erupciones pequeñísimas se pueden observar sobre ellos pseudoescudos de color café claro, al evolucionar estas tienen una forma redonda manteniendo su apariencia de pseudoescudo con una pequeña protuberancia en el centro. En lesiones de mayor tamaño se observan claramente el levantamiento de dicho escudo por uno de sus extremos y en cuyo centro se observa una tonalidad café oscuro, en otras puede observarse en el centro una depresión y esta rodeadas por un halo carnoso, la enfermedad es perfectamente reconocible ya que estas manchas se rodean de un polvillo gris o pardo que al coalescer forman una mancha de color pardo que cubre la totalidad de las pencas.

***Colletotrichum* sp. y *Glomerella* sp.** Conocida comúnmente como Antracnosis, se encuentra principalmente en el sector de Nambacola, el Pedregal y Santa Gertrudis. El principal agente de esta enfermedad es *Colletotrichum* sp. y se ha encontrado en las puntuaciones negras sobre la mancha la fase sexual que es *Glomerella* sp.

Sintomatología: Esta enfermedad se caracteriza por iniciarse en la base de las espinas, con la presencia de pequeñas manchas cloróticas amarillentas resaltadas que se distribuyen alrededor de las espinas en forma aislada. Conforme progresa la enfermedad la mancha va tomando una coloración café rojiza, para luego tomar una coloración café claro, mostrando luego anillos concéntricos de coloración café rojiza más acentuada, entre estos anillos se encuentran puntuaciones negras que se extienden y distribuyen por toda la mancha, dichas puntuaciones corresponden a los peritecios que contienen en su fase sexual a *Glomerella* sp. En las últimas fases de esta enfermedad muchas de las manchas de los costados se unen y forman manchas irregulares con bordes ondulados que se distribuyen por los bordes del cladodio, la mancha se torna blanco cremosa conforme seca la parte afectada dándole el aspecto característico de la enfermedad.

Inoculaciones.- De las ocho plantas inoculadas con *Fusarium*, se pudo observar que a las 48 horas de hecha la inoculación el oscurecimiento del tejido que posteriormente produjo la pudrición de la planta, evidenciándose fundamentalmente la emisión de la lagrima, y las perforaciones en los cladodios, en disecciones del cladodio se observaron los tejidos vasculares internos altamente afectados presentando un color oscuro. Manteniendo una humedad superior al 80 % se produjo en la zona afectada un micelio blanquecino con tonalidades rosadas semejantes a los producidos en aislamientos en cajas Petri. Las estructuras observadas al microscopio pertenecieron a esporas de *Fusarium* sp. A las 72 horas de la inoculación con *Colletotrichum* sp., se produjo al inicio manchas blanquecinas en los

bordes del cladodio, a más de producir lesiones superficiales en la base de las espinas, mostrando en los días subsiguientes la misma tonalidad cremosa amarillenta en cuanto a color, aunque no se evidenciaron anillos concéntricos ni las puntuaciones negras sobre las manchas que se encuentran en el campo, debiéndose a que dichas puntuaciones que contienen la fase sexual *Glomerella* sp., se producen con mucho más tiempo, a más que las condiciones de temperatura y humedad deben ser óptimas. Las observaciones posteriores macroscópicas revelaron efectivamente la presencia de *Colletotrichum* sp.

En la inoculación con *Alternaria* y *Capnodium* no se produjeron síntomas similares a los observados en el campo. Es fundamental manejar las condiciones de humedad y temperatura óptimas. En las observaciones hechas al microscopio se observaron únicamente micelio y esporas de *Alternaria* sp., asumiendo que la presencia de *Capnodium* sp., no se presentó debido a que las condiciones de temperatura y humedad no fueron las adecuadas.

Los testigos se mantuvieron inalterados durante el experimento, mostrando únicamente las huellas de los pinchazos hechos por la aguja al momento de la inoculación.

Evaluación de incidencia y severidad:

Enfermedades de *Opuntia ficus-indica*.- En relación a la incidencia (número de cladodios enfermos por planta) La principal enfermedad que se destaca por su incidencia fundamentalmente Lagrima de Espelma cuyo agente causal es *Fusarium* sp. (Tabla 3.) que se encuentra en todos los sectores estudiados, pero especialmente en el sector el Pedregal, donde la incidencia es alta en comparación con el resto de sectores llegando a 37,4 cladodios enfermos en plantaciones adultas. Le sigue en importancia el sector San Vicente del Río que presenta una incidencia de 34,7 cladodios por planta; en dichos lugares se presenta esta incidencia debido a que no son plantaciones manejadas, las plantas se encuentran muy agrupadas, favoreciendo a la propagación y distribución de la enfermedad.

En San Pedro de la Bendita es menor, su incidencia es de 18,2 cladodios enfermos, esto se debe a la separación entre las plantas y a la condición climática que se mantuvo entre un 5% de humedad relativa. En San Francisco la incidencia se ubica en 17,2 cladodios enfermos por planta, a pesar que las condiciones climáticas del lugar son favorables para el patógeno, las plantas resisten el ataque de la enfermedad. Los sectores de Santa Gertrudis y Nambacola presentan los datos de incidencia más bajos en plantas mayores a cinco años con un promedio de 10,3 y 7,1 cladodios enfermos respectivamente. Esta misma enfermedad en plantaciones menores a cinco años constituye una de las principales causas para la pérdida de plantas recién sembradas, así mismo el sector el Pedregal, existe una alta incidencia que llega a 13,4 cladodios enfermos por planta, mientras que en San José hay una alta incidencia 12,8 cladodios por planta, según la evaluación de campo esta incidencia se da por el empleo de semilla en mal estado (contaminada). El sector San Pedro de la Bendita presenta una incidencia de 11,4 y San Francisco con 10,6 cladodios enfermos por planta.

En lo referente a la severidad (Tabla 3) *Fusarium* sp. presenta los porcentajes más altos en plantaciones mayores a cinco años, estos porcentajes corresponden a los sectores El Pedregal y San Vicente los cladodios evaluados presentan una afectación del 40% de su área, mientras que en San Francisco, Nambacola y San Pedro de la Bendita la severidad no sobrepasa el 20 % de la afectación del cladodio, el nivel de incidencia más bajo se ubica en el sector de Santa Gertrudis con un 10 % del área afectada. La severidad encontrada en plantaciones menores a

cinco años alcanza hasta un 40 %, así se puede apreciar que en el sector del Pedregal, precisamente por la mala utilización de la semilla y la falta de manejo técnico para cuidados del suelo, y el entorno, por esta razón debido a que este lugar el alto nivel e inoculo propicia a aumentar críticamente los niveles de incidencia y severidad.

La severidad en San Francisco, San José y San Pedro de la Bendita es del 20 % del área afectada, no tuvo incrementos significativos a lo largo de la evaluación. La siguiente enfermedad en importancia es la Mancha Plateada cuyo agente causal es el complejo de hongos *Alternaria* sp y *Capnodium* sp. existiendo promedios mayores en incidencia y severidad con respecto a Lagrima de Esperma, sin embargo no se le da importancia debido a que el daño a los cladodios y a la planta es significativamente menor en comparación con el daño que produce *Fusarium* sp. La severidad encontrada en Mancha Plateada es muy alta, esto se debe a la cantidad de esporas que producen y la facilidad con la que se expanden en la planta. La severidad para esta enfermedad es más común en plantaciones más antiguas y bajo condiciones de sombra, estas alcanzan un 80 % del área del cladodio, y se ubican en las plantaciones dentro de los sectores de San Francisco, El Pedregal y San Vicente del Río. Porcentajes más bajos se encontraron en Santa Gertrudis, promedios de 40 % del área afectada; finalmente en San Pedro de la Bendita se presentó un promedio de 20 %.

La antracnosis cuyo agente causal es *Colletotrichum* sp., es la tercera enfermedad en import, su importancia radica por el daño que causa en los cladodios así como su propagación en la planta. De la misma forma que la Mancha Plateada esta enfermedad se presenta en plantas con más de cinco años de edad, pudiendo evidenciarse una incidencia del 27,3 de cladodios en la planta en el sector de Nambacola, donde existen las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad, ya que la gran cantidad de esporulación y forma de diseminación es por el agua de lluvia, hacen que se cubra una gran cantidad de cladodios. En el Pedregal se presenta una incidencia de 23,3 cladodios infectados por planta. Al analizar la severidad de Nambacola con respecto a *Colletotrichum* sp. es iapertinente recalcar que las condiciones ambientales son favorables, esto ha hecho que se observen afecciones que cubren casi la totalidad del cladodio, (80 %); por otra parte, en el sector El Pedregal la incidencia no supera el 40 % del área del cladodio, cifra de relativa importancia ya que muestra el área pérdida por la planta para la fotosíntesis e incluso muestra el área que no puede ser ocupada para la infestación con la cochinilla *Dactylopius* sp., para su uso comercial.

Discusión

Todos los insectos colectados en la provincia de Loja correspondieron a especies cuyos hábitos alimenticios y hábitat dependen directa o indirectamente de la tuna; la presencia del orden Hemiptera es predominante en el estudio, son insectos picadores chupadores de savia que dejan lesiones en la superficie del cladodio; durante el periodo de captura sólo se identificó tres especies de este orden y uno de ellos considerado como la especie cochinilla del carmín *Dactylopius coccus* C que es propagada intencionalmente para ser cosechada y comercializada, dicha asociación tuna-cochinilla no lleva a las plantas a la muerte debido a que no se extiende por todo el anfitrión. La presencia de las familias Syrphidae y Crysophidae comprende una de las relaciones más importantes entre los insectos encontrados ya que éstos son enemigos naturales para *Diaspis echinocacti* y *Dactylopius coccus* C. En el

caso de *Diaspis echinocacti* se tienen evidencias en estudios realizados en Brasil por Cordeiro dos Santos y Gonzaga (2003) quienes señalan que la plaga fue observada por primera vez en Pernambuco en los años sesentas, y es catalogada como la principal plaga por su agresividad al poblar la totalidad del cladodio. El resto de la fauna entomológica no produce daños considerables en la tuna, mientras que los insectos polinizadores como el abejorro (familia Apidae) merecen ser estudiados de una manera más amplia al igual que los arácnidos que cumplen funciones benéficas en dentro de la planta.

Dentro de la categorización de insectos que potencialmente se consideran plagas en las condiciones ecológicas de la provincia de Loja están el barrenador del tallo del orden Lepidoptera y familia Phycitinae cuyas galerías propician que hongos saprófitos y bacterias se reproduzcan y generen daños en los tejidos internos de la planta, estos órdenes no han sido detectados en otros estudios hasta la fecha del presente trabajo, pero dentro del orden Lepidoptera se destaca la familia Pyralidae con similares características de daños en estudios realizados en México (AL-Vigueras & Portillo, 2001)

Las enfermedades identificadas como Lágrima de Espelma *Fusarium* sp. y la Mancha Plateada que es producida por el complejo de hongos *Alternaria* sp y *Capnodium* sp. se encuentran distribuidas en todas las plantaciones de los sectores estudiados, y por las sintomatologías que producen así como por la incidencia y severidad con la que atacan a la planta, se deben considerar como de alta importancia para su adecuado manejo; mientras que *Antracnosis* sp. no es una enfermedad muy común. Cabe señalar que estudios similares muestran presencia de *Fusarium* sp. en etapas tempranas del desarrollo de la planta (Vargas, A., & Basaldua, 2008), por otra parte se han reportado otros tipos de sintomatologías asociadas a la presencia de *Alternaria* sp. como es el engrosamiento de los cladodios reportado por (Jiménez-Hernández & et_al, 2007). Por otra parte el hongo *Capnodium* sp. ha sido reportado en México por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias produciendo las mismas sintomatologías de la fumagina (INIFAP, 2000). Las características de las enfermedades se confirmaron siguiendo los postulados de Koch bajo las condiciones de invernadero se reprodujeron exactamente las mismas sintomatologías a las encontradas en campo.

Conclusiones

Se identificaron ocho ordenes: siete de la clase insecta y uno de la clase arácnida y doce familias relacionadas a la fauna entomológica asociada a la tuna, así mismo se pudieron identificar cuatro ordenes y cuatro familias de enfermedades asociadas a la tuna.

Los insectos fitófagos encontrados en las diferentes plantaciones de tuna en la provincia de Loja, son plagas potenciales ya que por ahora, a pesar de alimentarse de la planta y hospedar en ella, no causan daños económicos en la producción de tuna ni en la producción de cochinilla del carmín.

El lepidóptero de la familia *Phycitidae*, en su estado larval constituye una plaga potencial de importancia para la tuna por los daños que provoca al alimentarse de los tejidos internos de los cladodios y las consecuencias secundarias que produce al propiciar la entrada de otros patógenos.

Los insectos de las familias Coccinellidae, *Crisophyidae* y *Sirphyidae* pertenecientes a los órdenes *Coleóptera*, *Neuróptera* y *Díptera* cumplen la función de bioreguladores de las poblaciones de escamas y cochinilla del carmín.

Se encontraron dos enfermedades asociadas al cultivo que no se pudieron identificar, debido a que dichas muestras no se desarrollaron en los medios de los cultivos utilizados, una de ellas es la mancha amarilla que se presentan como ampollas sobre la epidermis del cladodio para finalmente amarillarla y desprenderla como un pergamino.

La segunda enfermedad encontrada es la mancha aceitosa que se presenta como un moho que cubre la totalidad del cladodio, en especial los inferiores pero no influye en el crecimiento de la planta ni en la propagación de la cochinilla.

De esta manera, 20 de los 21 sitios de muestreo se constituyen en nuevos registros para esta especie de chinche roja en el Estado de México y en el país. Debido a la incidencia del daño ocasionado en nopal tunero en la zona de estudio, se espera que este trabajo proporcione bases para futuras investigaciones sobre biología y ecología de esta especie y su relación con el cultivo

Agradecimientos.

Este trabajo fue posible gracias al aporte de instituciones como la Universidad Nacional de Loja a través del laboratorio de Sanidad Vegetal, al Ministerio de Agricultura y Ganadería hoy Agrocalidad en su laboratorio de Sanidad Vegetal, al auspicio del Gobierno Provincial de Loja que facilitó materiales y transporte para realizar esta investigación y al personal docente y técnicos de laboratorios de sanidad vegetal de la Universidad Nacional de Loja.

Referencias

Agrios, G. N. (1995). *Fitopatología* (1a ed.). Mexico UTEHA/Noriega.

AL-Vigueras, G., & Portillo, L. (2001). *Uses of Opuntia species and the potential impact of Cactoblastis cactorum (Lepidoptera: Pyralidae) in Mexico*. Florida Entomologist, 493-498.

Arrollo V., Debach, M., Álvarez, C. (1977). *Lucha biológica contra los enemigos de las plantas*. Mundi-Prensa

Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1972). *Illustrated genera of imperfect fungi*. JSTOR.

Boratynski, K., & Davies, R. (1971). *The taxonomic value of male Coccoidea (Homoptera) with an evaluation of some numerical techniques*. Biological, 3(1), 57-102.

Caballero, R., Habeck, D., & Andrews, K. (1994). *Clave ilustrada para larvas de Noctuidos de importancia económica de El Salvador, Honduras y Nicaragua*. CEIBA, 35(2), 225-237.

- Chávez-Moreno, C., Tecante, A., & Casas, A. (2009). *The Opuntia (Cactaceae) and Dactylopius (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution*. Biodiversity and Conservation, 18(13), 3337.
- Coe, R. (1953). *Handbooks for the Identification of British Insects: Diptera, Syrphidae*. Royal Entomological Society, 98.
- Cordeiro-dos-Santos, D., & Gonzaga, S. (2003). *El Nopal como forraje*. Roma: FAO.
- Feugang, J., & et_al. (2006). *Nutritional and medicinal use of Cactus pear (Opuntia spp.) cladodes and fruits*. Frontiers in Bioscience, 11, 2574-2589.
- Flores, C., de-Luna, E., & Ramírez, P. (1995). *Mercado mundial de la tuna*. Chapingo.
- Froeschner, R. (1960). *Heteroptera or true bugs of Ecuador: a partial catalog*. Smithsonian Contributions to Zoology, 1-147.
- Grismado, C., Ramírez, M., & Izquierdo, M. (2000). *Araneae: Taxonomía, diversidad y clave de identificación de familias*. Biodiversidad de Artrópodos Argentinos, 3, 56-96.
- Hamon, A. B., & Kosztarab, M. L. (1979). *Morphology and systematic of the first instar of the genus Cerococcus (Homoptera: Coccoidea: Cerococcidae)*. Virginia State University Research Division Bulletin, 146, 1-122.
- Hamon, A., & Williams, L. (1984). *The Soft Scale Insects of Florida (Homoptera: Coccoidea: Coccidae)*. Florida Department of Agriculture & Consumer Services, 194.
- IGM. (2013). *Geoportal del Instituto Geográfico Nacional*. Retrieved from Atlas Geográfico Nacional: <https://goo.gl/qyleN5>
- INIFAP. (2000). *Principales cultivares mexicanos de nopal tunero*. Mexico: INIFAP.
- Jiménez-Hernández, Y., & et_al. (2007). Hongos asociados al engrosamiento de cladodios de nopal. XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. 14 al 17 de agosto de 2007 (p. 50). Zacatecas: Instituto Nacional De Investigaciones Forestales y Agropecuarias .
- Larone, D. (1987). *Medically important fungi: a guide to identification* (6a ed. ed.). Elsevier.
- Lozano, P. (2002). *Los tipos de bosque en el sur de Ecuador. Botánica Austroecuadoriana: Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora.*, 29-49.
- Ontivero, M., Martínez, J., González, V., & Echavarría, P. (2008). *Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica*. GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, 8, 251-280.
- Reveles, M., & et-al. (2010). *El manejo del nopal forrajero en la producción del ganado bovino*. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional" Producción y Aprovechamiento del Nopal, 5, 130-144.
- Rollenbeck, R., & Bendix, J. (2006). *Precipitation dynamics and chemical properties in tropical mountain forests of Ecuador*. Advances in Geosciences, 6, 73-76.

- Rossel, F. (1997). *Influencia de El Niño sobre los regímenes hidroprecipitométricos del Ecuador*. In F. Rossel. Ecuador: INSEQ.
- Samaniego, N., & et-al. (2015). *Clima de la Región Sur del Ecuador: historia y tendencias*. In N. Aguirre, & et-al, *Vulnerabilidad al cambio climático en la Región Sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica*.
- Vargas, A., A., F., & Basaldua, J. (2008). *Dinámica poblacional de las principales plagas del nopal Opuntia sp. en la zona semi árida de Quétaro*. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 7, 21-27.

Ensayos preliminares de mezcla suelo-cemento, mejoran la estabilización de adobes para la construcción rural

Preliminary soil-cement mixture tests improve the stabilization of adobes for rural construction

Dans Ernesto Vilela Mora^{1*} y Ermel Rodrigo Loaiza Carrión¹

1. Docentes de la Facultad de Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja, Ecuador

*Autor para correspondencia: dans.vilela@unl.edu.ec

Recibido: 07 de abril del 2017

Aceptado: 10 de junio del 2017

Resumen

La composición natural y heterogénea del suelo origina incertidumbres cuando se desea modificar su matriz natural mediante la adición voluntaria de algún estabilizante con el interés de mejorar sus propiedades de estabilización. El uso del suelo como material de construcción constituye una importante alternativa para la implementación en construcciones rurales de bajo costo, ambientalmente sostenibles y culturalmente aceptadas; por lo que basados en enfoques técnicos locales y sus procedimientos en la fabricación de bloques (adobes), se procedió a realizar esta investigación con el objetivo de estabilizar un suelo idóneo con adición de cemento para la fabricación de bloques (adobes), para lo cual se determinó granulometría, estructura en cuatro grupos de suelos; y, la densidad y resistencia a la comprensión simple en productos elaborados, adobes aceptables en las construcciones rurales. Determinándose que la estructura del suelo utilizado por artesanos en Vinoyacu es válida o idónea para la fabricación de adobes y que la incorporación de un 8 % de peso del adobe en cemento, es suficiente para ayudar a estabilizar y mejorar condiciones físicas del mismo.

Palabras Clave: alternativa, bloques, suelo, estructura, vivienda ecológica.

Abstract

The natural and heterogeneous composition of the soil causes uncertainties when it is desired to modify its natural matrix by the voluntary addition of some stabilizer in the interest of improving its stabilizing properties. The use of land as a construction material constitutes an important alternative for the implementation in rural constructions of low cost, environmentally sustainable and culturally accepted; So that based on local technical approaches and their procedures in the manufacture of blocks (adobes) this research was carried out with the objective of stabilizing a suitable soil with addition of cement, for the manufacture of blocks (adobes), for which Was determined granulometry, structure in four groups of soils; And, the density and resistance to simple understanding in processed products, acceptable adobes in rural constructions. It is determined that the soil structure used by artisans in Vinoyacu is valid or suitable for the manufacture of adobe and that the incorporation of 8 % of the weight of the adobe into cement is sufficient to help stabilize and improve physical conditions of the same.

Key words: alternative, blocks, floor, structure, ecological housing.

Introducción

Los pobladores de las zonas rurales o periféricas de las ciudades andinas generalmente construyen sus viviendas mediante el sistema de “autoconstrucción”, sistema ancestral que se fundamenta en la fabricación *in situ* de elementos de pequeño formato (adobes) en base a suelo mezclado con agua y con algunas fibras vegetales con el fin de alcanzar al menos un nivel primario de estabilización. Sin embargo este procedimiento no garantiza la durabilidad ni la resistencia del producto obtenido, por lo que resulta indispensable estudiar nuevos procedimientos que puedan ser aplicados por esos sectores de la población para garantizar un producto de mejor aptitud (resistencia y durabilidad), de bajo costo y con tecnología que resulte técnicamente viable.

El Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo para la *Sistematización de Usos de la Tierra en Vivienda de Interés Social* (CYTED, 2013) en la ciudad de Popayán, Colombia, incluyó un grupo de acciones dirigidas a la autoconstrucción con tierra de viviendas adecuadas a la necesidad económica, social y cultural de la localidad, considerando que la

cimentación del suelo, las técnicas y materiales de refuerzo, la normalización de los revestidos para asegurar mayor durabilidad a las viviendas, son acciones que se traducen en fácil mantenimiento de las construcciones y economía de los usuarios.

El suelo sigue siendo un material que mantiene un alto nivel de competitividad que demanda poca inversión, es fácilmente adaptable, se encuentra en el lugar y posee probadas ventajas ecológicas. Actualmente, la Capilla de la Reconciliación de Berlín es un referente a nivel europeo, dado que se trata del primer edificio público con estructura de tierra construido en los últimos 150 años en Alemania. A su vez es uno de los recursos turísticos más visitados de la capital alemana (Bestraten, Hormías y Altemir, 2011).

Cuando se requiere ejecutar una mezcla de calidad, el número de suelos aptos se reduce, el concepto de suelo apto depende fundamentalmente de las exigencias que demande su estabilización (buena granulometría con predominio de fracciones arcillosas). Según Stulz (1981), cada material tiene su propia tecnología, su forma arquitectónica y su tipología estructural, en consecuencia no existen materiales buenos o malos, sino, bien o mal utilizados.

La construcción con suelo se basa en *técnicas ancestrales*, bastante conocidas; y, en general de *bajo costo*, a más de las ventajas de orden ecológico, toda vez que al estabilizarse un suelo con cemento o cal, no involucra importantes volúmenes de estos materiales elaborados a partir de elevados consumos energéticos, como tampoco entregan al ambiente residuos contaminantes. Entre otras características EBA (Estructuras Bioclimáticas Avanzadas, 2003), destaca el adobe en obra:

- Inercia térmica: el espesor de los muros permite atenuar los cambios de temperatura externos, creando un ambiente interior agradable en todas las estaciones.
- Aislamiento acústico: el adobe crea una barrera contra el ruido por ser mal transmisor de las vibraciones sonoras.
- Capacidad de transpirar: la regulación natural de la humedad impide la condensación.
- Resistencia al fuego: el adobe tiene buena resistencia a la combustión.
- Resistencia a los ataques de insectos: es un material inerte, no hay riesgo de insectos ni a los otros pequeños animales.

Sin embargo, otros estudios realizados demuestran que aplicando máquinas de compresión, se alcanzan resistencias de los bloques más altas, demostrando que un suelo estabilizado mejora las condiciones físico-mecánicas para la fabricación de bloques o adobes, así Roux y Olivares (2002) al experimentar la fabricación manual y con prensa hidráulica de adobe estabilizado con cemento portland al 6 % y adición de fibra de coco, lograron mejores características en los ladrillos realizados con prensa hidráulica que con la manual, se obtuvieron incrementos de resistencia a la compresión simple en estado seco de un 272,7 % a la primera grieta y de 249,2 % a la rotura total, en lo que respecta a la flexión tuvieron un incremento del 191,1 % con respecto a los fabricados con prensa manual. Así mismo, en la prueba de compresión en estado húmedo, los ladrillos fabricados con prensa hidráulica tuvieron incrementos del 188,9 % a la primera grieta y de un 191,1 % a la ruptura total, por encima de los fabricados con prensa manual. Con respecto a las pruebas de absorción y permeabilidad se comprobó también un mejor comportamiento de los ladrillos realizados con prensa hidráulica.

Una interpretación del análisis granulométrico según Urdiales (s.f.), considera: Gravilla 8 a 2 mm; arena 2 a 0,6 mm: franca 0,6 a 0,002 mm; arcilla < a 0,002 mm; y, humus grumus o residuos vegetales, destacando que la granulometría franca es con la cual se pueden hacer adobes.

Materiales y métodos

El procedimiento para la fabricación de bloques de adobe, se desarrolló en el sector de Vinoyacu, cantón y provincia de Loja, que cuenta con la calidad del suelo, la existencia de obreros experimentados en la fabricación de adobe; y, minas de material donde por generaciones han trabajado empíricamente en la producción de adobe, teja y ladrillo.

Identificados los suelos que presentaron aptitud para la fabricación de adobes se procedió a realizar los ensayos de laboratorio de los siguientes grupos (ver tabla 1)

Tabla 1. Matriz del experimento: contenido del 37 % de agua, contenido de cemento, número de testigos por punto e identificación de grupo.

Punto	% en cemento en peso	número de muestras	grupo
1	6	40	RG1
2	8	40	RG2
3	10	40	RG3
8	0	80	RG8

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA de la ciudad de Loja en donde se procesaron y realizaron los análisis de acuerdo a normas AASHTO – ASTM:

Determinación del Contenido de Humedad: AASHTO T 265-93 (2000) – ASTM D 2216

Determinación del Límite Líquido: AASHTO T 89 – 02 – ASTM D 4318

Determinación del Límite Plástico: AASHTO T 90 – 00 - ASTM D 4318

Determinación de la Granulometría: AASHTO T 88-00 – ASTM D 422

Densidad del adobe seco higroscópicamente mediante la fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa (kg)}}{\text{volumen (m}^3\text{)}}$$

Determinación de la textura del suelo: Método Bouyoucos o método del hidrómetro (Conú & Jimenez, 2014).

Determinación de la resistencia a la compresión simple: AASHTO T - 208 - ASTM D - 2166

Aunque existen normas internacionales en varios países respecto a la construcción con suelo, y pese a que la vivienda de adobe en el sector rural de la región sur del Ecuador sigue vigente y representa el 14,67 % (INEC 2010), y en la provincia de Loja hay 40 110 viviendas con paredes de adobe o tapial que representa el 35,27 % (INEC 2010), en el país aún no se han encontrado normativas al respecto.

En la tabla 2 se presenta la composición ideal de un suelo. Realmente esta composición granulométrica está dirigida a la construcción vial pero es punto de partida para considerar un suelo para ser estabilizado y comprimido (Acevedo Catá, 2001)

Tabla 2. Composición ideal de un suelo dirigida al uso vial.

Tamaño del material	% en peso de la muestra.
Grava (tamiz 1")	0 – 20
Arena (tamiz 3/8)	50 – 65
Limo (tamiz 10)	10 – 20
Arcilla (tamiz 200)	15 – 20

Resultados

De los ensayos preliminares de granulometría realizados a los suelos presentes en el sector de Vinoyaco (caso de estudio) se tiene la tabla 3 que muestra los rangos de % pasa (Tamizado) para los diferentes tamaños de partículas de suelo presentes en las minas del sector.

Tabla 3. Resultado para granulometría del suelo considerado ideal en la fabricación de adobe en Vinoyacu.

Abertura de tamiz	Tamizado Peso en %
1"	100
3/4"	100
N° 4	90 – 100
N° 40	70 – 90
N° 200	40 -70

En la tabla 4 se presenta los resultados de granulometría para los suelos objeto de la presente investigación.

Tabla 4. Resultados de granulometría de los suelos A y B, mezcla A+B y mezcla RG-8, para fabricación de adobe en el sector Vinoyacu.

Abertura tamiz	Tipo de material	Tamices (mm)	Tamizado peso en %			
			Suelo A	Suelo B	Mezcla A + B	RG-8 control
1"	Grava	25,40	100	100	100	100
3/4"	Grava	19,10	100	100	100	100
3/8"	Arena	9,50	99,12	100	100	99,25
N°4	Arena	4,75	97,91	98,96	99,02	97,97
N°10	Limo	2,00	95,51	95,69	95,26	94,10
N°40	Limo	0,42	82,14	80,94	81,44	72,31
N°200	Arcilla	0,074	59,38	56,58	63,81	48,55

Una vez fabricados los adobes con las diferentes dosificaciones de cemento y cumplidos como mínimo 8, 14 y 28 días de secado (tabla 5), se calculó la densidad seca promedio de los adobes fabricados en Vinoyacu.

Tabla 5. Resultados de densidades promedio de adobes según grupos: RG1, RG2, RG3 Y RG8

Muestras	Edad (Días)	% de Cemento en peso	masa adobe g	base adobe cm	altura adobe cm	largo adobe cm	volumen adobe cm³	d. seca promedio kg/m³
RG1	8, 14 y 28	6	5728	14,76	8,12	29,14	3492,46	1640
GR2	8, 14 y 28	8	6037	15,00	8,23	29,36	3624,49	1666
RG3	8, 14 y 28	10	6198	15,09	8,32	29,43	3694,90	1677
RG8	8, 14 y 28	0	5408	14,32	7,55	27,64	2988,33	1810

El valor de densidad seca promedio (tabla 6) es mayor en los adobes al natural (RG8) debido a que se retraen en mayor escala, reflejando la estabilidad respecto del volumen que incorpora el cemento.

En la tabla 6 se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión simple, a 8, 14 y 28 días de secado higroscópico de las muestras.

Tabla 6. Resultados de ensayos de resistencia a la compresión simple según días de secado.

Número	Grupo	Porcentaje Cemento	8 días (kg/cm²)	14 días (kg/cm²)	28 días (kg/cm²)
1	RG1	6	7,20	11,69	14,47
2	RG2	8	14,19	22,41	28,95

Discusión

De conformidad con la especificación de parámetros para obtener un suelo ideal para adobe, se comparó a resultados tabla 2 y tabla 4 y se evidenció que la granulometría de las muestras de suelo seleccionadas para la investigación están dentro de la norma para composición de un suelo ideal y se corresponden con la selección empírica del suelo realizada por los obreros del adobe del sector.

Con las granulometrías para cada suelo se aplicó el método de monogramas para la mezcla de dos suelos con la finalidad de cumplir la especificación para un suelo ideal y determinar las fracciones en que éstos deben intervenir en el suelo final (mezcla) a ser estabilizado y posteriormente utilizado en la fabricación de bloques en la zona de Vinoyacu.

Según, Schildeman y Roland Stutz (1981) plantean que la reacción del cemento con el agua, forma una matriz pétreo que une el esqueleto de arena. Esta matriz constituye una estructura semejante a la de un panal de abejas, de la cual depende la resistencia de la mezcla, ya que los conglomerados arcillosos dentro de sí mismo tienen baja resistencia a los esfuerzos mecánicos y a la humedad y contribuyen poco a la estabilidad del suelo-cemento en su conjunto. La matriz fija los conglomerados entre sí, evitando que las partículas del suelo se deslicen una sobre otras, o sea, incrementa la resistencia a cortante.

El mecanismo de estabilización con cemento Portland se puede resumir de la siguiente manera: la hidratación provoca la formación de un gel de cemento en la superficie del aglomerante arcilloso. La cal liberada durante la hidratación del cemento reacciona con la arcilla. La cal es rápidamente consumida y la arcilla comienza a degradarse; mientras progresa la hidratación y se activa la degradación del aglomerante arcilloso, este es penetrado en profundidad por el gel del cemento y la hidratación continúa, pero más lentamente.

De lo antes expuesto, se puede concluir que en el suelo estabilizado con cemento se obtienen tres estructuras:

- Una matriz arenosa inerte aglomerada con cemento.
- Una matriz arcillosa estabilizada.

- Una matriz de tierra no estabilizada, que resulta la parte más vulnerable por el agua del sistema.

La incorporación mayor al 6 % de cemento respecto del peso del suelo empleado en cada bloque, es recomendable porque los bloques así fabricados incrementan su resistencia; se debe tener presente que un contenido de cemento mayor al 10 % encarece el adobe estabilizado haciéndolo poco competitivo respecto de otras alternativas.

Del ensayo de resistencia a la compresión se obtiene que el grupo RG1 tiene una resistencia de 14,47 kg/cm², muy inferior a la resistencia del grupo RG8 que alcanzó 24,53 kg/cm², esto se debe a que el RG1 tiene una cantidad de cemento baja que únicamente alcanza para terminar con la actividad de la arcilla presente en la mezcla pero es insuficiente para formar una estructura dura con el resto de partículas arenosas. Por el contrario, los grupos RG2 y RG3 tienen una resistencia a compresión mayor que el grupo RG8 evidenciando que con un contenido de 8 % y 10 % de cemento los adobes tienen un mejor desempeño que los adobes confeccionados empíricamente, y pueden ser utilizados en la construcción de vivienda rural.

Conclusiones

La composición granulometría de los suelos utilizados tradicionalmente en Vinoyacu es un buen referente para investigar la fabricación de adobes para la construcción de vivienda rural en la región sur del país.

Los grupos de adobes RG2 y RG3, luego de las pruebas de compresión simple a 28 días de secado, incrementaron su resistencia entre un 18 % al 34 % respecto a los del grupo RG8.

Los adobes con adición de 8 % y 10 % de cemento mantienen su forma y mejoran su durabilidad en relación con los empíricamente fabricados.

Bibliografía

Acevedo Catá, J. (2001). Postgrado en Estructuras y Materiales. La Habana, Cuba.

Bestraten S, Hormías E y A. Altemir. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. Informes de la Construcción. 63(523): 5-20.

Conú , L. J., & Jimenez, A. (25 de 09 de 2014). Obtenido de academia.edu:
https://www.academia.edu/9677695/DETERMINACION_DE_TEXTURA_POR_EL_METODO_DE_BOUYOCOS [Acceso 22 Mayo 2017].

CYTED. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo “Sistematización del uso de la tierra en viviendas de interés social.” Recuperado de:
http://hdrnet.org/412/1/indice_sis.pdf. 02-04-2013

Escuela Politécnica Nacional. INSTRUCTIVO PARA ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, (1985). 4ª Ed . Laboratorio de Mecánica de Suelos. Quito – Ecuador.

Estructuras Bioclimática Avanzadas EBA SL. (2003). Construir una casa con adobe. Pág. Web. Google. Recuperado de: www.ebasl.es

INEC - Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010); redatam@inec.gov.ec. Tel: (593-2) 2544 561; Fax: (593-2) 2509 836 - Casilla Postal 135C, Quito, Ecuador. Ver norma

NORMAS DE ENSAYO: • ASTM D-2166 • AASHTO T-208 del 1 % de la resistencia a la compresión simple de la muestra ensayada. <https://es.slideshare.net/leocalle/ensayo-de-compresion-simple13> Ene 2010

Roux R. y Olivares M. (2002). Utilización de ladrillos de adobe estabilizados con cemento portland al 6% y reforzados con fibra de coco, para muros de carga en Tampico. España .*Informes de la Construcción* 53(478): 39-50.

Stulz, R. (1981). *Materiales de Construcción Apropriados*, Distribución por: IT Publications 103-105 Southampton Row, London WC1B 4HH, UK. ISBN 3 908001 55 2,

Urdiales s.f. *Autoconstrucción*. Colección Permacultura. Recuperado de:
www.permacultura.com.ar

Conflictos Socioambientales en el Parque Nacional Podocarpus

Socio-environmental conflicts in the Podocarpus National Park

Edgar Benítez-González¹.

¹ Docente Facultad de Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja,
Ecuador

Autor para correspondencia: e.benitez27@hotmail.com

Recibido: 31 de abril del 2017

Aceptado: 13 de junio del 2017

Resumen

La resolución de los conflictos socioambientales es parte importante para lograr el manejo de los recursos naturales. Por esta razón esta investigación que se desarrolló en Numbala, zona de amortiguamiento (ZA) del Parque Nacional Podocarpus (PNP) en el sur del Ecuador, se orienta a identificar el origen de los conflictos socioambientales que allí se producen. Se conceptualizan y describen los conflictos, partiendo de las teorías expuestas por Johan Galtung, Guillaume Fontaine, Pollicardo y France, Remo Entelman, que han guiado también la metodología utilizada para la resolución del conflicto, partiendo de la realidad socioeconómica de los pobladores, que se manifiesta en los sistemas de producción, entre los que constan el extractivismo forestal y la ampliación de la frontera agrícola que han provocado grandes cambios en la ZA y amenazas al PNP. La forma en que se forjó la solución integral de los mismos, fue mediante la propuesta de un manejo colaborativo entre el Ministerio del Ambiente del Ecuador, administrador del Área Nacional Protegida (ANP), los colonos asentados en la ZA del PNP y otros actores sociales e institucionales que realizan la gestión de los Recursos Naturales. La solución del conflicto entre los actores y las instancias administradoras del PNP es el manejo colaborativo como estrategia factible que contribuye al buen vivir de la población de Numbala.

Palabras claves: conflictos socioambientales, zona de amortiguamiento, manejo colaborativo, extractivismo forestal.

Abstract

The resolution of socio-environmental conflicts is an important part of achieving the management of natural resources. For this reason, this research has been developed in Numbala, The National Park Podocarpus park buffer zone (ZA) (PNP) in the south of Ecuador, aimed at identifying the origin of the socio-environmental conflicts that occur there. The conceptualization and description of conflicts are based on the theories presented by Johan Galtung, Guillaume Fontaine, Pollicardo and France, Remo Entelman, who have also used guided the methodology to solve the conflict, all of these facts based on the socioeconomic reality of the inhabitants. Manifests in the production systems, including forest extractivism and the expansion of the agricultural frontier that have caused great changes in the ZA and threats to the PNP. The way in which the integral solution was performed was through the proposal of a collaborative management between the Ministry of the Environment of Ecuador, administrator of the National Protected Area (ANP), settlers settled in the PN of the PNP and other social actors And institutions that carry out the management of Natural Resources. The solution of the conflict between the actors and the managing bodies of the PNP, is the collaborative management as a feasible strategy that contributes to the good living of the population of Numbala.

Keywords: Socio-environmental conflict, buffer zone, collaborative management, forest extractivism.

Introducción

En el Ecuador, el accionar de la extracción de recursos de la naturaleza ha generado una serie de controversias hombre-naturaleza y hombre-naturaleza-sociedad, propiciando conflictos ambientales por el cambio de uso del suelo; y, conflictos socioambientales por el acceso y control de los recursos naturales.

En esta problemática se centra esta investigación que aborda la conflictología de Numbala, zona de amortiguamiento (ZA) del Parque Nacional Podocarpus (PNP), con el propósito de identificar el origen de los conflictos, su evolución y los mecanismos para su solución, originados en el año 1998, donde se inicia la invasión al PNP, por personas provenientes de varios cantones de la provincia de Loja, instalaron pequeñas fincas, que luego vendían a jimbillanos y saraguros, hombres con experiencia y trayectoria en la explotación forestal.

Así, inicio a la agresiva extracción de madera de romerillo, labor incitada por los precios significativos del tablón de esta madera. Puesto que de cada árbol de romerillo se obtenía un promedio de 280 tablones, esta particularidad determino que en la zona trabajaban diariamente hasta 30 motosierristas y se utilizaban de 120 a 130 mulas para transportar los tablones hasta Cerro Toledo, convertido en centro de acopio (Sarango, 2000).

Esta acción de los colonos, en la ZA de Numbala, ahondo en problemas como: la extracción ilegal de madera, la tenencia ilegal de la tierra, los conflictos entre invasores, las condiciones precarias de vida, que provoco la devastación de los recursos naturales.

Materiales y métodos

Área de estudio.

La zona de estudio corresponde a Numbala, ubicada en la subcuenca del río Numbala, parte de la cuenca alta del río Mayo. Desde el punto de vista político-administrativo, se ubica en la república del Ecuador, provincia de Zamora Chinchipe, cantón Palanda, limita al norte, con las cabeceras de Numbala, lagunas de Numbala, en una cota de 3 500 msnm; al sur, con la divisoria de aguas que separa las microcuencas de la quebrada Los Helechos y quebrada Honda; al este, con la cordillera de Paredones; y, al oeste, con la cordillera Oriental de Los Andes. El área de Numbala abarca los barrios La Esmeralda y Los Helechos, con una superficie de 6 387 hectáreas.

Su temperatura promedio es de 14°C, con variaciones de 8°C por la noche, hasta 18°C al medio día; el porcentaje de humedad relativa varía de 92 a 98 %, con una precipitación anual que fluctúa entre 2000 - 4000 milímetros, siendo los meses más secos noviembre y diciembre, y los de mayor precipitación, mayo, junio, julio y agosto. Por estas características climáticas y su ubicación en la cordillera central de los Andes, es considerada como zona de transición entre el piso templado y el sub-tropical.

La distribución altitudinal de la vegetación de Numbala consta de tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. El estrato arbóreo, se encuentra por debajo de los 2 900 msnm, y está formado por un dosel más alto que corresponde a *Podocarpus* spp. (romerillo) y otras especies que tienen valor comercial como *Cedrela odorata* L. (cedro), *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken (laurel), *Nectandra reticulata* (Ruiz & Pav.) Mez (payanchilo), *Claricia racemosa* (Ruiz & Pav.) (pituca), entre otros. El estrato arbustivo se encuentra entre 2 900 a 3 300 msnm, constituido por árboles pequeños, cuyas copas están por debajo del dosel más alto, y arbustos que forman matorrales, estructurando una vegetación arbórea cerrada y húmeda con gran cantidad de helechos. El estrato herbáceo está constituido por gramíneas y epífitas ubicadas bajo el dosel inferior (Apolo, 1984).

Según la división zoogeográfica expuesta por INEFAN (1997), la fauna de Numbala, se desarrolla en dos pisos:

El alto andino (> 3000 msnm), donde se encuentran mamíferos como: *Tremarctos ornatus* (oso de anteojos), tipificado en el libro rojo como vulnerable; *Tapirus pinchaque* (tapir andino) y *Felis concolor* (puma). Dentro de las aves existe un predominio de rapaces y trochilidos, *Oroaetus isidori* (águila negricastaña), *Thamnophilus unicolor* (batará unicolor), principalmente en las riberas del río Numbala, *Nothocercus julius* (tinamú pechilconado), *Ramphastos ambiguus* (tucán mandíbula-negra), *Aratingale leucophthalmus* (perico ojiblanco), así como *Cinclodes fuscus* (chungi chico), muy común en el camino de Numbala Alto y Bajo. En cuanto a los anfibios, se ha encontrado poblaciones importantes de *Eleutherodactylus* spp.

El temperado (1 800 - 3 000 msnm), se encontraron mamíferos, como: *Caenolestes fuliginosus* (ratón marsupial), huellas de *Conepatus chinga* (zorrillo) y *Pudu mephistophiles* (pudu), también catalogados como vulnerables; aves como la *Penélope barbata* (pava barbada) en peligro de extinción, *Leptosittaca branickii* (perico cachetidorado), en estado vulnerable; *Coeligena iris* (frentisirella arcoíris), *Metallura odomae* (metallura neblina). Se

puede determinar la presencia mayoritaria de aves frugívoras y nectívoras, siendo la más importante la subfamilia Thraupinae. Se debe destacar que la fauna de esta zona ha sido destinada a la caza, principalmente del oso y tapir. También es importante señalar que los colonos manifiestan haber visto la presencia de *Lontra longicaudis* (nutrias) en el río Numbala, así como indican tener una actitud negativa a las aves rapaces, particularmente la *Oroaetus isidori* (águila negro castaña).

Aspectos metodológicos.

Los efectos de la actuación humana sobre la naturaleza extrahumana plantean, según Holland Cunz (1999, p. 57), la necesidad de integrar en su estudio, la teoría social; en este aspecto, la presente investigación es de tipo exploratorio, trata de entender las relaciones socioambientales en Numbala, aplicando para ello lineamientos metodológicos histórico-dialécticos que favorezcan el análisis y la comprensión de los conflictos socioambientales de la zona de estudio a lo largo del tiempo, concordando con los planteamientos de Fontaine (2004), que no existe “conflicto ambiental” sin dimensión social.

Determinación del medio biofísico.

En la contextualización del medio biofísico de Numbala, como ZA del PNP, se recolectó, analizó y procesó información secundaria y cartográfica digital, sobre: ubicación geográfica, tomando en cuenta sus límites, clima, suelo, geología, relieve, altitud, hidrografía, cobertura vegetal y áreas colindantes.

Realidad socioeconómica.

Para conocer la realidad socioeconómica conformada en Numbala por los sistemas de producción de los colonos, se revisaron fuentes secundarias en instituciones gubernamentales, como, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Secretarías de Estado, Prefecturas, Municipios, correspondientes a informes técnicos, planes de desarrollo, estadísticas y bases de datos. La información secundaria ayudó en la concepción y aplicación de la encuesta de tipo estructurada a personas de las familias que viven en el área de estudio.

Sistemas de Producción.

El análisis de los sistemas de producción de Numbala se realizó sobre las 6 387 ha, que constituyen la ZA del PNP, donde existen 70 fincas establecidas. Para fines de este estudio, se consideró una muestra de 20 fincas (28 %) en las que se realizan actividades agropecuarias. Las fincas fueron seleccionadas mediante la aplicación de un transecto de norte a sur, que abarca pisos altitudinales desde 1 800 hasta 3 420 msnm. Esta actividad se cumplió con la participación directa de los finqueros de la ZA, utilizando sistemas de información geográfica (SIG), que posibilitaron el análisis integrado de la capacidad y los diferentes usos de la tierra, límites del PNP, zonificación y aprovechamiento forestal.

Actores Sociales.

La selección de actores sociales para observación, análisis y explicación de los fenómenos socioambientales, se realizó como aconseja Pardo-Enríquez (2012), en un proceso político dinámico rápido para buscar la armonía como alternativa a sus conflictos. También en esta selección de actores sociales se consideró la sugerencia de Habermas (2010, p. 25-26) de

que es en las pretensiones de validez, en las que las soluciones de problemas, las orientaciones racionales de acción, los niveles de aprendizaje, etc., tienen su piedra de tope, pues, dichas pretensiones tienen que ser redefinidas en términos de experiencia cotidiana que elimina, o al menos, dificultan los procesos de materialización de la racionalidad, que se la adquiere en largos y pacientes procesos que van desde los intentos de asimilación de las soluciones hasta su aceptación, adaptación, aprendizaje y cambio de conducta.

Desde este razonamiento y de acuerdo a lo propuesto por Entelman (2002) y Vidal (2008), en la participación de los actores sociales se consideraron: a) Actores institucionales, integrados por el gobierno estatal, provincial, municipal y parroquial. b) Actores semi-institucionales, que se basan en situaciones privilegiadas de legitimación; y, c) Actores extra-institucionales, como las ONGs, asociaciones, actores informales.

Caracterización de los conflictos.

Para la caracterización de los conflictos, se efectuó un total de 17 entrevistas semi-estructuradas, a los actores sociales involucrados en los conflictos socioambientales de Numbala: económicos (4), políticos (7), sociales (1) y ecológicas (3), se identificaron a las asociaciones locales, las entidades altruistas y representantes del poder municipal.

La estructuración de las entrevistas se realizó según los planteamientos de Gaskell (2008, p. 64), quien considera que las entrevistas pueden ser, por un lado, de levantamiento fuertemente estructurado, con preguntas predeterminadas; y por otro, de conversación continuada, menos estructurada, de observación participativa, que pone énfasis en absorber la situación cultural local por un periodo de tiempo más largo.

La resolución de conflictos.

Para el proceso de resolución de los conflictos tipificados en la zona de estudio se recurrió al método colaborativo, propuesta por Pollicardo y France (2003), además de la propuesta holística del enfoque sistémico y el método transcend, propuesto por Johan Galtung, en su teoría de resolución de conflictos, en la que, los actores involucrados deciden voluntariamente implementar instancias de diálogo para el establecimiento de acuerdos equitativos y de gestión social de los recursos naturales, entendida esta gestión como un elemento fundamental para un desarrollo sostenible del territorio, tomando en cuenta no solo los aspectos económicos sino también los políticos, ambientales y sociales.

Realización de talleres.

La determinación de la realidad socioeconómica, la problemática ambiental, los actores que interactúan y la identificación de los conflictos de la ZA del PNP, fueron cimentados en “talleres innovadores, basados en la experiencia de la diplomacia ciudadana” (Kaufman, 2000, p. 3-4), siguiendo técnicas que facilitan la reconstrucción del proceso del conflicto, propuestas por Bloomfield (1995, p. 151), y que se basan en la percepción que los diferentes actores sociales tienen del conflicto y en sus actitudes frente al mismo.

De esta forma, no sólo se identifica al conflicto y sus elementos potenciales, sino que se aborda constituyendo a los actores involucrados en “Socios en conflicto”. Así, se logró establecer un proceso armónico, una “nueva relación” (Rouhana, 1995, p. 133) basada “en la solidaridad, identidad y el compromiso de cada uno de los grupos”; y, se lograría

posteriormente que aporten al establecimiento de una relación afectiva de trabajo entre los socios en conflicto, al establecimiento de una “actitud corporativa para la resolución”, a compartir “técnicas para un proceso eficaz y creativo de razonamiento, que facilite luego su aplicación a temas concretos” (Deutsch, 2009).

Resultados

Revisión histórica de la colonización de Numbala

Hacer una retrospectiva histórica del proceso por el que se conformaron los asentamientos humanos en el sector de Numbala, permite entender más detalladamente su relación económica y social. En la década de 1950, se registraron los primeros indicios de colonización de Numbala, liderada por la iglesia católica. Esto dio inicio a los primeros entendimientos de unión social, que permitieron tomar acuerdos sobre la construcción de la carretera hacia Cerro Toledo a través de mingas. A finales de los años 50, la zona de Yangana soportó una sequía, que ocasionó grandes pérdidas en su economía y provocó el flujo migratorio de sus habitantes hacia Numbala, en busca de nuevas oportunidades de supervivencia. Las familias que se asientan en la zona son originarias de la provincia de Loja, especialmente de los cantones Loja, Espínola, Calvas, Quilanga, y de la provincia de Zamora Chinchipe, específicamente del cantón Chinchipe.

La colonización empezó con mayor presencia en el año 1957. Sin embargo, en 1962, debido a las abundantes lluvias que se hicieron presentes en Numbala, se dio una alta movilidad de las familias, que obligó a los pobladores a abandonar sus casas. A partir de 1970, ingresaron nuevos colonos, como las familias Gordillo, Toledo, Granda, Loján y otros. En esta época se establecieron las fincas de producción agropecuaria. En 1976, llegaron otras familias a la zona, las que se encuentran hasta la actualidad.

A finales de los años 70, la presencia de plagas y enfermedades, causó la destrucción de pastizales de *Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov, lo cual desencadenó una crisis económica y varias fincas debieron venderse. Paralelamente a esta situación, se dio el cambio de actividades agropecuarias, pues, se pasó de una actividad pecuaria a una puramente agrícola, priorizando sembríos de *Solanum quitoensis* (naranjilla), con buena producción, lo que ayudó a mejorar la economía de la población. Aparecieron, luego, enfermedades en las plantaciones agrícolas, que provocaron una nueva crisis económica entre los finqueros dedicados a este cultivo.

Al inicio de los años 80, se construyó la carretera hacia Cerro Toledo, facilitando la accesibilidad al sector. Nuevamente se dio impulso a la ganadería e incremento de la siembra de pastos. A raíz de los diversos problemas socioambientales que se fueron dando en la Zona de Numbala, el 15 de diciembre de 1982, por Acuerdo Ministerial N° A-0398, con una superficie de 146 280 ha, se creó el PNP, con la finalidad de contribuir a la superación de las problemáticas existentes y de frenar el intento de invasión a las fincas de Numbala, por parte de los socios de la cooperativa cafetalera de Vilcabamba, lo que originó la creación de los caseríos La Esmeralda y Los Helechos, sitios donde se estableció la primera escuela unidocente, lo cual fortaleció la unidad de la población.

Al finalizar esta década, la Fundación Podocarpus, con el apoyo del Programa Podocarpus, realizó la primera aproximación del estado socioambiental de Numbala. En este acercamiento se determinó la importancia y prioridad que tiene la zona para el buen manejo del PNP y la ZA, en virtud, básicamente, de las presiones de colonización hacia el interior y por la extracción de madera de romerillo. Es este proceso histórico el que cimienta el asentamiento de las familias en Numbala y, por tanto, las relaciones socio-productivas.

Medio Socioeconómico

Para conocer el medio socioeconómico de Numbala se efectuó una caracterización de la población tomando en cuenta variables, como: acceso a servicios de salud, educación, vivienda, tenencia de la tierra, producción e instrumentos de producción, financiamiento de la producción, sistemas de comercialización; y, al mismo tiempo, una tipificación de las fincas del sector, en base a criterios como superficie, sistemas productivos y pisos altitudinales.

Población

De la investigación efectuada se determinó que 74 personas viven de manera permanente en la zona, siendo el 56 % varones y el 44 % mujeres; la mayoría son jóvenes entre 19 y 30 años de edad, en tanto que un 20 % corresponde a adolescentes. Las familias tienen un número promedio de cinco hijos. Dentro del núcleo familiar las relaciones familiares se presentan muy estrechas.

Educación, salud y vivienda

En Numbala no existen instituciones educativas por lo cual los niños, adolescentes y jóvenes se ven obligados a buscarlas en localidades aledañas de las provincias de Zamora Chinchipe o Loja. Solo el 48 % de los hijos de los propietarios de las fincas acuden a un centro de estudios. El nivel de instrucción de los propietarios de las fincas es primario. El índice de analfabetismo se encuentra en un 6 %, de acuerdo a lo que señala el Censo de Población y Vivienda del año 2010.

En lo que concierne a la salud, las afecciones leves las tratan con remedios preparados por ellos mismos, de acuerdo a su experiencia en hierbas medicinales que cultivan en sus huertas o recogen del bosque. Si su afección es de mayor gravedad, acuden al Subcentro del Ministerio de Salud Pública de la parroquia Valladolid. Todos los habitantes de Numbala cuentan con vivienda propia, con paredes de madera y cubierta de zinc, materiales utilizados por su facilidad de transporte.

La vivienda de los finqueros temporales consta de un solo cuarto, que hace de dormitorio, cocina y en el que se hospedan miembros de la familia, jornaleros, además de colocar herramientas e insumos. Las viviendas de los finqueros permanentes constan de dos a cuatro cuartos con espacios adecuados para realizar sus actividades laborales y el descanso.

Actividad económica de la población

La economía de las familias de Numbala se encuentra enmarcada en una categoría primaria relacionada a la producción, reproducción y explotación de los recursos de la naturaleza; en este caso, con la dedicación especial a la ganadería y la extracción de maderas finas como el romerillo, *Podocarpus* spp. Otra actividad típica de los habitantes de la zona es el mantenimiento de huertas como sistemas agroforestales, en las que se alberga una alta

diversidad de especies forestales, arbustivas, frutales, tubérculos, forrajeras, medicinales.

Adicionalmente, en los lugares donde viven los pobladores, se presenta una agricultura de temporal para producir *Zea mays* L. (maíz) y *Phaseolus sp.* (fréjol) para el autoconsumo. Así como sub-sistemas de cultivo de *Coffea arabica* L. (café) y *Saccharum officinarum* L. (caña de azúcar).

La ganadería bovina, de tipo extensivo, es la actividad a la que se dedican todas las familias, es así, que se han instalado alrededor de 900 hectáreas de pastizales, favorecidos por las permanentes lluvias, que generan la disponibilidad de forrajes durante todo el año. El pasto predominante es *Setaria sp.* y, en menor escala *Pennisetum clandestinum*, se advierte la absoluta ausencia de leguminosas.

En la zona las familias se dedican a la producción de bovinos de carne y, en menor escala, a la ganadería de leche, por las dificultades del transporte de los productos lácteos y por ser los dueños ausentistas. La producción de leche por vaca es de cuatro a seis litros por día. La leche es transformada en queso y se destina a la venta o al autoconsumo, generándose una incipiente categoría secundaria y terciaria de la economía, vinculada a la transformación de las materias primas, así como a la prestación de servicios de manera colectiva o personal.

La explotación forestal ocupa el segundo lugar dentro de las actividades económicas. Los patrones de comercialización forestal consisten en el auto-aprovechamiento, que se hace bajo la dirección del propietario, y la venta de árboles en pie a dueños de aserraderos. En el primer caso, el efectivo se reparte entre el pago de la moto sierra, el dueño de la acémila (mulero). En el segundo caso, los árboles se venden a aserraderos denominados “los jimbillas”, considerados como los “acaba madera de romerillo”. Ellos transportan la madera hasta el sitio Cerro Toledo, donde la venden a intermediarios o empresarios madereros.

Tenencia de la tierra

Los finqueros de Numbala han accedido a sus posesiones con mayor presencia mediante la colonización, desde hace aproximadamente 33 años. En los últimos años, lo han hecho a través de compra de fincas. La posesión es la forma de tenencia que predomina. Se debe indicar que 92 finqueros son los propietarios de las 102 fincas existentes, de las cuales nueve tienen escrituras de propiedad. De acuerdo a su ubicación, 34 se encuentran en Numbala Bajo y 68 en Numbala Alto. La superficie de las fincas varía desde 2 a 500 ha. El 69 % (70) están dentro de la ZA y el 31 % (32) dentro del PNP.

Sistemas de producción

En el caso de Numbala, los sistemas productivos se manifiestan por:

Naturaleza explotada

La naturaleza explotada está constituida por las tierras cultivadas principalmente con pastos, en una extensión de 900 ha. La superficie de cultivos no es significativa y su producción es eminentemente para el autoconsumo, produciéndose básicamente guineo (*Musa sapientum* L., yuca (*Manihot sculenta* Crantz.), maíz (*Zea mays* L.), papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), plantas medicinales, entre otras especies.

Fuerza de trabajo

La fuerza de trabajo está dada por la mano de obra familiar, principalmente del jefe del

hogar y de los hijos varones mayores de 15 años. Eventualmente, contratan mano de obra asalariada para desarrollar trabajos como el desbroce de bosques, siembra de pastos y cuidado del ganado. En el caso de los finqueros ausentistas, el trabajo en sus fincas se realiza con mano de obra contratada.

Caracterización de los conflictos ambientales de la zona de estudio

Si partimos del análisis de los factores generadores de conflicto socioambiental en Numbala, por un lado, tenemos las migraciones, producto de la sequía que atravesaba la provincia de Loja, lo que permitió la colonización; y, segundo, la creación del PNP, en el año 1982 con una extensión de 146 280 km² compartiendo las provincias de Loja (15 %) y Zamora Chinchipe (85 %). El objetivo fundamental de esta área protegida está orientado a conservar la naturaleza y a satisfacer las necesidades de recreación al aire libre de la población urbana (Apolo, 1984).

Estos factores han dado como consecuencia una serie de situaciones que finalmente han desembocado en conflictos socioambientales entre colonos y el Estado, representado este último por el Ministerio del Ambiente, que estuvo centrado principalmente en los procesos administrativos y judiciales dirigidos al cumplimiento de la normatividad, emisión de resoluciones administrativas y a la definición de sanciones con decomiso, multa o desalojo, amparados en el acuerdo Ministerial 055 de la Ley de Gestión Ambiental, que señala: "El Ministerio del Ambiente mantendrá la responsabilidad exclusiva sobre las competencias de administración del patrimonio genético, de bioseguridad y comercio internacional del recurso forestal" (MAE, 2010).

En estas circunstancias aparece la disputa Estado/sociedad, por el acceso y control de los recursos naturales, lo que se conoce como conflicto socioambiental. Además, el mismo ente gubernamental es el que "emite políticas, controla, norma, planifica, coordina, fiscaliza, sanciona, regula a nivel nacional, dirime los conflictos de competencias existentes en materia ambiental y ejecuta por excepción".

Aquí se detallan, entre otras, las principales líneas conflictivas encontradas en el proceso de colonización, así como los actores sociales involucrados en los mismos.

Tenencia y uso de la tierra

La FAO (2003), define a la tenencia de la tierra, como, un conjunto de normas inventadas por las sociedades para regular el comportamiento de los individuos y grupos sobre la tierra. En el caso de Numbala, las condiciones trazadas para el establecimiento de la tenencia de la tierra aparecen luego de haberse colonizado, sobre todo, las faldas de la cordillera de Paredones, límite oriental del PNP. Con el Acuerdo Ministerial de diciembre de 1982, que determina la creación del PNP, se refleja este conflicto. Aquí radica el primer eslabón socio conflictivo, pues, al crear el PNP, el MAE establece normas para la regulación y tenencia de la tierra. Medidas que al no existir en el momento del establecimiento inicial de los colonos, no podían ser efectuadas en ese instante y debían ser cumplidas a partir de la creación del PNP.

Ampliación de la frontera agrícola

La ampliación de la frontera agrícola se da para sembrar pasto, pues se tiene que 905 ha (15 % del área total) de la zona están sembradas de pastizales dedicadas a la producción pecuaria. Son terrenos con pendientes moderadas, que van de 40 % a 50 %, con un rango

altitudinal de 1 800 a 2 200 msnm. En esta área se encuentran ubicadas la mayoría de las viviendas de los colonos. En las partes bajas, cercanas al río Numbala, se encuentran suelos inundados, donde se realizan labores de agricultura ocasional y algunas actividades para mejorar los pastizales.

De acuerdo a Meinzen-Dick y Di Gregorio (2004), la seguridad en la posesión de la tierra y la “acción colectiva”, son factores determinantes para el manejo de los recursos naturales. En Numbala, la seguridad de posesión y su “acción colectiva” son condiciones que no están bien definidas, ya que los agricultores colonizadores han invadido tierras sin ningún derecho legal que garantice su posesión, siendo real la ocupación de hecho y posesión efectiva de las mismas. Por lo que, la tenencia de la tierra en Numbala se considera parcialmente incierta, al punto de que los propietarios adjudicados se consideran “ilegales”; esto, debido a las anomalías en la adjudicación de sus fincas, proceso iniciado en 1964 con la reforma agraria y colonización, en la cual se planteaba, entre otros aspectos, el desbroce de la vegetación nativa hasta el 80 % del predio para justificar su tenencia. Esto incentivó la invasión y destrucción de bosques primarios convirtiéndolos en áreas agropecuarias.

Extractivismo de los recursos madereros

La deforestación es uno de los problemas ambientales graves que vive el Ecuador. De acuerdo al MAE (2010), el promedio de deforestación para el periodo de 1990 al 2008, fue de 136 095,4 ha/año, siendo la región amazónica la más afectada, con un promedio de 776,6 ha/año, en el periodo 2000-2008.

En Numbala, el extractivismo de madera es realizado por personas oriundas de Jimbilla y Saraguro, las cuales tienen como forma de subsistencia, la extracción de madera, especialmente de romerillo por su alto precio en el mercado. Estas personas realizan la actividad con visión económica, empíricamente y sin criterios técnicos de conservación y manejo de bosques.

La obtención de buenos recursos económicos es la razón para la explotación de la madera de romerillo, es una de las situaciones que llevó a los finqueros a asumir este tipo de trabajos, convirtiéndose en su principal fuente de ingresos, a tal punto que entre 1997-2002, marcó el auge en la explotación de madera, contraviniendo a todas las disposiciones legales establecidas en la ley forestal. Esta situación la señala también el Programa Podocarpus (2002c), donde reitera que el MAE no ha adoptado ninguna medida consensuada, a pesar de las denuncias escritas y verbales de personas que radican en la zona.

Sarango (2000), indica que una de las pocas medidas tomadas por la autoridad ambiental para frenar este tipo de situaciones está relacionada al decomiso de madera por parte del Distrito Forestal de Loja, al haber decomisado 380 tablones de romerillo acopiados en el Cerro Toledo.

Esto agravó el conflicto entre la autoridad estatal y los finqueros, quienes en septiembre del año 2000, tomaron medidas como la de secuestrar a dos técnicos del proyecto Conservación y Desarrollo Sustentable de Numbala (CODESUN) que se encontraban en la zona. Luego de algunas negociaciones, se logró la liberación de los secuestrados.

Además, es importante señalar la existencia de extracción ilícita de madera, situación que gana fuerza por la necesidad familiar, por la ausencia de trabajo estable y por pretender incrementar sus réditos económicos sin considerar la conservación de los recursos naturales, los que están amparados en la Constitución y leyes del Estado ecuatoriano.

Infraestructura y conectividad en el área del Parque Nacional Podocarpus

La necesidad de movilización, mediante transporte terrestre, que viabilice la economía local, lleva a la sociedad numbalense a organizarse con el propósito de exigir a los Consejos Provinciales de Loja y Zamora Chinchipe, la construcción de una carretera que facilite la conexión con otros centros poblados cercanos sobre todo con Cerro Toledo. El Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de la Subsecretaría Forestal y de Recursos Naturales Renovables, y otros organismos ambientalistas, prohibieron la construcción de dicha vía, lo que causó el desánimo de los numbalenses, quedando de lado su principal elemento unificador por la que lucharon; la falta de liderazgo, evidenciada en los agricultores, así como la ausencia de poder político y claridad en la limitación de sus linderos, por donde debería construirse la vía, trajo la pérdida de fuerza organizativa.

Al respecto, existen dos posiciones encontradas, en torno a la infraestructura vial. La primera, relacionada a la sociedad numbalense, la cual manifiesta que ninguna acción será válida para mejorar sus condiciones de vida, si no se concede el permiso para la construcción de la carretera que permitiría la conexión entre Numbala Alto - Cerro Toledo - Numbala Bajo. La segunda, está relacionada con la posición del MAE, la cual reconoce que la construcción de una vía traería muchas ventajas, pero, en definitiva, los perjuicios serían mayores e irreversibles, considerando que la vía aumentará la explotación de los recursos naturales. Esta ambigüedad dificulta el abastecimiento de los productos básicos para los numbalenses, aumentando su marginación.

Actores sociales involucrados en los conflictos socioambientales de Numbala

Desde el razonamiento de Entelman (2002), un conflicto es una situación donde intervienen diferentes actores (individuos, grupo de personas, organizaciones), los cuales se encuentran en una situación de oposición o desacuerdo. Tomando la clasificación de los actores sociales por su función y representación propuesta por Vidal (2008), se establecen tres categorías: institucionales, que corresponden al Gobierno provincial de Loja (GPL) y Zamora Chinchipe (GPZCH), Ministerio de Ambiente de Loja (MAE-L) y Zamora Chinchipe (MAE-ZCH), ex Instituto de Desarrollo Agrario (INDA), Municipio de Palanda (MP), Junta Parroquial (JP); semi-institucionales (no actúan en Numbala) y extra-institucionales, que corresponden a Iglesia católica (IC), Colonos (C- ZA y PNP), Asociación Numbala (AN), Asociación ganaderos de Yangana (AGY), Programa Podocarpus (PP), Fundación Podocarpus (FP), Fundación San Francisco (FSF), Asociación Cafetaleros de Vilcabamba (ACV); y, de acuerdo a la estimación de poder, posición e intereses de los actores frente al conflicto, Uphoff (2005), considera cuatro categorías: económicos, C- ZA y PNP, AN, AGY y CACY sociales, IC; políticos (GPL), (GPZCH), (MAE-L), (MAE-ZCH), (INDA), (MP) y (JP), y ecológicos, PP,FP Y FSF.

Los económicos, conciernen a cuestiones como el control sobre capital, trabajo y territorio, así como los bienes y servicios que se producen. Los sociales, corresponden al estatus social o las posiciones dentro de una estructura social determinada. Los políticos, emanan de la autoridad normativa y administrativa del Estado y de su capacidad para asignar recursos financieros. Los ecológicos, luchan por alcanzar la protección de los hábitats como tema crucial.

Discusión.

En la resolución de conflictos, Galtung cree que debe existir una teoría holística del

desarrollo, donde interactúen la naturaleza, las personas, la economía y los procesos sociales, como mecanismo para enfrentar y resolver los conflictos; es decir, una propuesta de cambios orientados a mejorar las condiciones de la vida humana, sobre sus propias bases, sin asumir a priori definiciones universales de “bueno”, “mejor” o “malo”.

Se trata de encontrar proporción entre los pilares del desarrollo sostenible, pero con una cierta lógica, donde el entorno sea el espacio vital, donde nuestra percepción de la naturaleza sea quizá mucho mayor que la que tenemos de nosotros mismos, donde el punto de partida sea la teoría general del equilibrio ecológico, que incluye no sólo elementos inertes (atmósfera, hidrósfera y litósfera), sino también la biodiversidad (Galtung, 2003b).

Es necesario enfrentar el conflicto socioambiental, resolviendo el deterioro de la biodiversidad por causas directas, como, sobreexplotación del bosque, avance de la frontera agrícola, que según los organismos de la Naciones Unidas: WRI, UICN; PNUMA (1992, p. 16), son causas del empobrecimiento biótico por consecuencia del uso y abuso del medio ambiente realizado por la especie humana en el curso de su ascensión dominante.

Por lo tanto, es vital buscar el equilibrio ecológico en la ZA del PNP, para que la variedad de sus elementos entren en una simbiosis; que de acuerdo con las teorías de Galtung, si una parte del espacio natural tiene suficiente diversidad, posteriormente, se generarían la relación necesaria entre los individuos y su medio ambiente.

Las posiciones excluyentes, aparentemente inconciliables, serán superados por la trascendencia, por la adopción de objetos que están más allá del aquí y del presente. La pugna entre los actores o partes por obtener cada uno, individualmente, el mayor provecho posible de los recursos naturales disponibles, será superada por el objetivo de obtener entre todos y para todos, el beneficio que pueden proporcionar esos mismos recursos explotados de manera más racional, acorde con criterios de sostenibilidad de la naturaleza y de los seres humanos.

Estos son los elementos considerados en la solución del conflicto socioambiental de Numbala, sumado a una actitud dialéctica positivista de los actores sociales, basado en el pensamiento Galtungiano; reconociendo, además, en torno al conflicto las tres posturas mencionadas por Pollicardo y France (2003), que si bien, no se ha asumido la acción de anticiparlo, tampoco es posible ni justo evadirlo, sino, únicamente, tratar de resolverlo.

Por lo que, la resolución del conflicto de Numbala, se alcanza utilizando una o varias de las siguientes vías:

Vía tradicional formal, basada en la justicia, el arbitraje y la decisión administrativa.

Vía tradicional no formal, basada en la negociación informal, que generalmente termina con un bando ganador y uno perdedor, favoreciendo decisiones no democráticas de solución.

Vía colaborativa, toma el conflicto como una oportunidad de cambio para conseguir el progreso humano sostenible de la sociedad, utilizando el diálogo pacífico y la participación equitativa de todas las partes o actores involucrados en el conflicto.

Desde este contexto, para la resolución de los conflictos existentes en la zona de amortiguamiento del PNP se siguió el camino de la vía colaborativa, la propuesta holística del enfoque sistémico y el método transcend, propuesto por Johan Galtung, el cual permitió

considerar las diferentes percepciones de los actores sociales, facilitando la comprensión de las fuerzas que interactúan en un conflicto, además de focalizar su análisis, en tres factores principales:

Primero. Las actitudes de las partes y en general las existentes en el conflicto.

Segundo. El comportamiento de las partes involucradas en el conflicto.

Tercero. Las contradicciones que se derivan del mismo.

En estas circunstancias, los actores involucrados deciden voluntariamente implementar instancias de diálogo a través de lo que Kaufman (2000, p. 3-4), conoce como “talleres innovadores basados en la experiencia de la diplomacia ciudadana”, o lo que el Ministerio de Educación del Ecuador (2012) determina como diálogos orientados por “una visión del mundo centrada en el ser humano como parte de un entorno natural y social, que condiciona sus relaciones en diferentes ámbitos, y propone una serie de principios y valores básicos para una convivencia armónica”, siempre buscando su acción comunicativa con elementos propios de lenguaje y cultura.

La resolución colaborativa de conflictos (Pisani *et al*, 1999) se basa en conceptos como la pro-actividad, inclusión y transparencia, e incluye ventajas como las siguientes: a) asegura que los intereses significativos sean representados y respetados; b) proporciona un espacio para que todos los involucrados manifiesten sus preocupaciones, identifiquen sus puntos en común, y generen información que los refleje de alguna manera como un aporte para la toma de decisiones.

La negociación colaborativa permite desarrollar acuerdos productivos que puedan satisfacer los intereses, así como preservar y mejorar las relaciones con las contrapartes. Es decir, al ampliarse las opciones de solución mutua del problema en disputa, no sólo se puede conseguir lo que se quiere, sino que también la otra parte quedará satisfecha con el resultado.

Este tipo de negociación permite a cada una de las partes involucradas diseñar un proceso adecuado a sus necesidades particulares, mediante la gestión social e implementación de acuerdos sobre el uso de los recursos naturales, generando respeto y confianza entre los actores, mejorando las relaciones de convivencia entre todos sus participantes y conduciendo a un compromiso común de co-responsabilidad para resolver sus problemas.

La negociación colaborativa, en este caso, admite comprender que la gestión de los recursos naturales es parte de un proceso de planificación y aprovechamiento racional de los mismos, tomando en cuenta que el desarrollo humano no se limita al crecimiento económico, como lo dice Altieri (1992), cuando manifiesta que el crecimiento económico no provee una adecuada medida del desarrollo humano, pues, no garantiza igualdad social ni ambiente sano.

En este sentido, es necesario promover un nuevo concepto de desarrollo local para Numbala, que permita la gestión de sus recursos naturales, la organización y participación social, en el que se considere una dimensión territorial de las fincas abriendo espacios para alcanzar objetivos de desarrollo sostenible, enmarcados en las esferas familiar, social, económica, política, ecológica y tecnológica; y, que esté orientado a reducir el índice de presión ejercida a los recursos naturales producto de conflictos socioambientales.

Entendido como el equilibrio en la relación sociedad-naturaleza, superando la explotación irracional de ésta y devolviéndole sus derechos, como lo plantea la actual Constitución de la República del Ecuador (2008), en su capítulo séptimo, artículo 71, que hace referencia a los derechos de la naturaleza: “La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos”. Es la primera Constitución en el mundo en reconocer a la naturaleza como un sujeto de derechos, poseedora de valores propios, independientes de su utilidad para el ser humano. Además, garantiza que toda persona, comunidad o pueblo, exija al Estado ecuatoriano el cumplimiento de los derechos de la naturaleza.

En este contexto, Herraz y Lozano (2005, p.153), definen que, el conflicto en sí mismo, no es ni bueno ni malo, no es algo nocivo ni beneficioso; las rupturas del conflicto ayudan a la reestructuración del mismo. Lo bueno o lo malo del conflicto radica en la forma en que se lo encara y el proceso que se genera a partir de él; en el transcurso de encontrar una solución satisfactoria que genere progreso social para todas las partes en controversia, no obstante, también puede llegar a producir crisis verdaderas que traen "guerras" entre los actores sociales involucrados en el conflicto.

En el caso de Numbala, tratándose de un conflicto estructural, generado por los problemas socioambientales, cuya solución requiere de tiempo, esfuerzo y buena voluntad de las partes involucradas; aspectos que van más allá de las posibilidades y capacidades personales de los individuos, se determinó la construcción colectiva del Plan de Manejo de la ZA del PNP, como estrategia para lograr la meta de transformar el conflicto.

Conclusión.

Esta propuesta integral consensuada y de manejo colaborativo entre el Ministerio de Ambiente de Ecuador (MAE), como administrador del área protegida, los colonos asentados en la ZA del PNP y otros actores sociales e institucionales; y, la conservación de la biodiversidad de este territorio, se logró la solución del conflicto entre los colonos y las instancias administradoras del PNP, y se constituyó en una estrategia factible para contribuir al Buen Vivir de la población de Numbala.

Bibliografía

- Altieri, M. (1992). *Desarrollo Sostenible y pobreza rural, una perspectiva latinoamericana*, La Paz, Bolivia: En Ruralter número monográfico “Medio ambiente y proyectos de desarrollo” No. 10.
- Apolo, W. (1984). *Plan de Manejo del Parque Nacional Podocarpus*, Quito: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Bloomfield, D. (1995). *Towards complement conflict management*, Journal of Peace 32, no. 2.
- Constitución de la República del Ecuador (2008). Art. 71. Derechos de la Naturaleza. Quito, Ecuador.
- Constitución de la República del Ecuador, M. (2009). *Constructive conflict resolution: principles, training and research*, Journal of Social Issues. 50: 13–32.
- Deutsch, M. (2009). *Constructive conflict resolution: principles, training and research*,

Journal of Social Issues. 50: 13–32.

- Entelman, R. (2002). *Teoría de conflictos. Hacia un nuevo paradigma*, Barcelona: Gedisa.
- FAO (2003). *Tenencia de la tierra y desarrollo rural*, Roma.
- Fontaine, G. (2004). *Enfoques conceptuales y metodológicos para una sociología de los conflictos ambientales*, Bogotá: Sociedad y Medio Ambiente.
- Galtung, J. (2003b). *Paz por medios pacíficos: paz y conflicto, desarrollo y civilización*, Bilbao, España: Gernika Gogoratuz.
- Gaskell, G. (2008). *Entrevistas Individuais e grupais. In Pesquisa qualitativa com texto: imagem e som: um manual prático* (7 eds.). Petrópolis, Brazil: Vozes.
- Habermas, J. (2010). *Teoría de la acción comunicativa* (4 ed.). Madrid: Trotta.
- Herraz, M. y Lozano, S. (2005). *Técnicas de resolución de conflictos*, España: Aljibe.
- Hollan-Cunz, B. (1999). *Ecofeminismos*, Madrid: Cátedra.
- INEC (2010). *Censo de Población y Vivienda del Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Kaufman, E. (2000). *La experiencia de la diplomacia ciudadana: talleres innovadores para la resolución de conflictos*, Maryland: Universidad de Maryland, College Park.
- MAE (2010). *Reservas de biosfera del Ecuador: Lugares Excepcionales*, Quito: GTZ/GESOREN - DED – WCS - NCI – UNESCO.
- Meinzen-Dick, R. and Di Gregorio, M. (2004). *Collective action and property rights for sustainable development: overview*, US: IFPRI. Brief 1.s.p.
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2012). *Educación para la democracia y el buen vivir. ¿Qué es el buen vivir?*
- Pardo-Enríquez, D. (2012). *Minería y actores sociales: Estudio comparativo entre Parauapebas (Pará, Brasil) y El Pangui (Zamora Chinchipe, Ecuador)*, Belém, Brasil: Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
- Pisani, P., Abogabir, X. y Pollicardo, F. (1999). *Aportes conceptuales y metodológicos para la resolución colaborativa de conflictos ambientales en Chile. Serie documentos de difusión*, Santiago, Chile: Casa de la Paz.
- Pollicardo, J. y France, A. (2003). *Manual de capacitación para mediadores locales*, Santiago, Chile: Casa de la Paz.
- Programa Podocarpus. (2002c). *Priorización de acciones del PNP*, Loja, Ecuador: PP.
- Rouhana, N. (1995). *The dynamics of joint thinking between adversaries in international conflict: phases of the continuing problem-solving workshop*. *Political Psychology* 16 (2): 321-45
- Sarango, H. (2000). *Informe manejo forestal de Numbala*. Loja, Ecuador: Programa Podocarpus.

Uphoff, N. (2005). *Analytical Issues in Measuring Empowerment at the Community and Local Levels*. En *Measuring Empowerment: Cross-Disciplinary Perspectives*. Washington.

Vidal, J. (2008). *Aspectos metodológicos de seleção e análise dos atores*. In: *Plano de desenvolvimento regional sustentável do Xingu*, Belém: NAEA.

WRI, UICN y PNUMA (1992) *Estrategia Global para la Biodiversidad: guía para quienes toman decisiones*, Washington, DC: World Resources Institute.