

BOSQUES

Volumen 8. No 1 2018

Latitud Cero

ISSN 2528-7818

ISSN 1390-3683

Revista Indexada

Comportamiento inicial de cuatro especies forestales de bosque seco

Fenología y Crecimiento de Frutales Nativos Amazónicos



Con la participación de:



COMITÉ EDITORIAL

Zhofre Aguirre Ph.D.

Director General

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

Napoleon López Tandazo, MCF .

Editor Responsable

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

Nikolay Aguirre Mendoza Ph.D.

Editor Ejecutivo

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

Dirección Electrónica

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

CONSEJO EDITORIAL

PhD Jan Barkmann Georg-August

Universität Göttingen, Germany

PhD Byron Maza Rojas

*Universidad Regional Amazónica- IKIAM,
Ecuador*

PhD Ali Saleh

*Instituto de Texas-TIAER, Tarleton State
University*

PhD. Tania Delgado Cueva

Universidad Nacional de Loja

PhD. Alberto Julca Otiniano

*Universidad Nacional Agraria La Molina -
Perú*

PhD. Mario Añazco Romero

Universidad Técnica del Norte

MSc. José Alberto Oaillacar Silva

Universidad de Los Lagos, Chile

MSc. Víctor Eras Guamán

Universidad Nacional de Loja

MSc. Vinicio Alvarado Jaramillo

Universidad Nacional de Loja

MSc. Jaime Santín Calvaa

Universidad Nacional de Loja

MSc. Byron Palacios Herrera

Universidad Nacional de Loja

MSc. Johana Muñoz Chamba

Universidad Nacional de Loja

Ing. Vladimir Placencia

Ministerio del Ambiente Ecuador

EDITORIAL

La investigación per se no resuelve problemas, hay necesidad de articular los procesos investigativos a las necesidades de actores para mejorar la toma de decisiones, en otras palabras debe ser útil para los posibles beneficiarios. Quizá esa frase resume el mensaje que en este volumen 8, número 1 de Bosques Latitud Cero, deseo enviar no solo a nuestros lectores y colaboradores de importantes trabajos que desde luego sabemos el esfuerzo, dedicación y tiempo empleado, pero inmersos en el mundo de la competencia, en el impacto cibernético que maneja las estadísticas de citación, de visitas, de descarga, que es un tema que preocupa a las grandes editoras y que involuntariamente en el ánimo de estar citados y visualizados, como parte de nuestro ego, estamos descuidando, un conocimiento para soluciones prácticas y de interés para resolver los problemas: como el cambio de uso del suelo, la deforestación, la pérdida de biodiversidad, incendios forestales o como alcanzar una reforestación productiva.

Si bien la revista Bosques Latitud Cero, constituye el semillero para nuevos escritores profesionales y estudiantes, la revista también promociona la publicación de notas técnicas, de artículos de opinión en temáticas de los recursos naturales renovables a través de profesionales con trayectoria y experiencia que puede ser compartida y aprovechada, para dar mejores directrices y opiniones para los lectores. La idea del llamado a publicar temas puntuales y prácticos permitirá ampliar el rango de lectores y dar oportunidad para que profesionales no académicos con experiencia de campo compartan su experiencia, sin perder la orientación técnica y el análisis contrastado y orientado a mejorar con ideas propositivas.

Eso sí, sin descuidar la rigurosidad de redacción técnica y contenido de temáticas inherentes a la revista, invito a mantener una sección de opinión como es el deseo en su primer editorial, que puede abrir importantes foros de discusión y poder recibir la retroalimentación para un mayor compromiso de investigadores con la necesidad social, con la solución a una problemática y no a la simple curiosidad con información estilizada de acceso limitado a quienes esperan una respuesta práctica.

Napoleón López T.

ÍNDICE

Comportamiento inicial de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, en un huerto semillero en la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador. <i>González Marco Vinicio/ Eras Guamán Víctor Hugo/ Moreno José/ Guerrero Robert/ Minchala Julia/ Yaguana Magaly/ Valarezo Cristian</i>	1
Índice de actividad fenológica de diez especies frutales amazónicas en la Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador <i>Cabrera Alex/ Medina Roberto/ Aguirre Zhofre</i>	17
Potencial de productividad de aceite de <i>Oenocarpus bataua</i> Mart, en la Amazonía ecuatoriana, cantón Taisha. <i>Palacios Byron/ Enriquez Dalton/ Sosa Adriana</i>	32
Diversidad de plantas, estructura de la comunidad y biomasa aérea en un páramo del sur del Ecuador <i>Urgiles Narcisa / Cofre Daniel / Loján Paúl / Maita Juan / Alvarez Pablo / Báez Selele/ Tamargo Eva/ Eguiguren Paúl / Ojeda-Luna Tatiana/ Aguirre Nikolay</i>	44
Distribución espacial de <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari en agroecosistemas cafetaleros de la selva central del Perú <i>Alvarado Vinicio</i>	57
Evaluación del crecimiento de plántulas de <i>Coffea arabica</i> L. (cafeto.) en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes <i>Encalada Max / Fernández Paulina/ Jumbo Nohemi/ Alejo Antonio/ Reyes Luis</i>	70
Evaluación química de bocashi con aplicación de EM en el cantón Saraguro provincia de Loja <i>Vásquez Edison/ Sosoranga-Paqui Claudio/ Chamba-Morales Marlon/ Mora Marconi</i>	85
Tipificación de los sistemas productivos en el proyecto de riego Campana-Malacatos del cantón Loja, provincia de Loja <i>Chamba-Morales Marlón/ Morocho-Durazno/ Vásquez Edison</i>	96
Identificación de amenazas, estrategias de manejo y conservación de los servicios ecosistémicos en subcuenca "La Suiza" Chiapas México <i>Palacios Byron/ López Walter / Faustino Jorge/ Günter Sven/ Tobar Diego/ Brenes Christian</i>	109

INDEX

Initial behavior of four native forest species of dry forest in a seed orchard at the experimental station Zapotepamba, province of Loja, Ecuador. <i>González Marco Vinicio/ Eras Guamán Víctor Hugo/ Moreno José/ Guerrero Robert / Minchala Julia/ Yaguana Magaly/ Valarezo Cristian</i>	1
Index of phenological activity of ten Amazonian fruit species in the El Padmi Experimental Station, Zamora Chinchipe, Ecuador <i>Cabrera Alex/ Medina Roberto/ Aguirre Zhofre</i>	17
Oil productivity potential of <i>Oenocarpus bataua</i> Mart, in the Ecuadorian Amazon, Taisha canton <i>Palacios Byron/ Enriquez Dalton/ Sosa Adriana</i>	32
Plant diversity, community structure, and aerial biomass in a paramo ecosystem of Southern Ecuador <i>Urgiles Narcisa / Cofre Daniel / Loján Paúl / Maita Juan / Alvarez Pablo / Báez Selele/ Tamargo Eva/ Eguiguren Paúl / Ojeda-Luna Tatiana/ Aguirre Nikolay</i>	44
Spatial distribution of <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari in coffee agroecosystems of the Peruvian central rain forest <i>Alvarado Vinicio</i>	57
Evaluation of the growth of seedlings of <i>Coffea arabica</i> L. c.v. caturra in nursery conditions with different substrates and containers <i>Encalada Max / Fernández Paulina/ Jumbo Nohemi/ Alejo Antonio/ Reyes Luis</i>	70
Chemical evaluation of bocashi with application of Efficient microorganisms in Saraguro canton, Loja province <i>Vásquez Edison/ Sosoranga-Paqui Claudio/ Chamba-Morales Marlon/ Mora Marconi</i>	85
Typification of the productive systems in the Campana-Malacatos irrigation project of the Loja canton - Loja province <i>Chamba-Morales Marlón/ Morocho-Durazno/ Vásquez Edison</i>	96
Identification of threats, management strategies and conservation of ecosystem services in sub-basin "La Suiza" Chiapas Mexico <i>Palacios Byron/ López Walter / Faustino Jorge/ Günter Sven/ Tobar Diego/ Brenes Christian</i>	109

Comportamiento inicial de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, en un huerto semillero en la Estación Experimental Zapotepamba, provincia de Loja, Ecuador

Initial behavior of four native forest species of dry forest in a seed orchard at the experimental station Zapotepamba, province of Loja, Ecuador.

González Marco Vinicio^{1*}
Eras Guamán Víctor Hugo²
Moreno Serrano José²
Guerrero Rodríguez Robert²
Minchala Patiño Julia³
Yaguana Arévalo Magaly³
Valarezo Ortega Cristian³

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.

*Autores para correspondencia: marcogforestal@yahoo.com // victorhugoeras@hotmail.com

RECIBIDO: 09/03/2018

APROBADO: 07/06/2018

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento inicial de cuatro especies forestales nativas de bosque seco: *Prosopis juliflora*, *Handroanthus billbergii*, *Loxopterygium huasango* y *Bursera graveolens*, plantadas en un huerto semillero, con dos tipos de fertilizantes de base (T1. testigo, T2. humus y T3. humus + abono completo). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, que se analizó utilizando un ANOVA con una prueba estadística Tukey con una probabilidad de 0,05. La evaluación se basó en dos criterios: cuantitativo (diámetro basal y altura total); y, cualitativo (estado de salud, estado ápice y desarrollo del tallo). En el comportamiento inicial de las cuatro especies forestales, se encontraron diferencias estadísticamente significativas; donde *Loxopterygium huasango* alcanzó el crecimiento más alto con 10,77 cm de diámetro basal y 505,56 cm de altura total; *Bursera graveolens* y *Prosopis juliflora* lograron un crecimiento similar; y, *Handroanthus billbergii* con 1,79 cm diámetro basal y 81,33 cm de altura total, obtuvo el crecimiento más bajo. Respecto al efecto de la fertilización aplicada a las cuatro especies de bosque nativo, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, debido a la aplicación de fertilización básica (testigo T1, humus de T2, y humus de T3 + fertilizante completo), posiblemente debido a la cantidad y frecuencia de aplicación de la fertilización, concluyendo que la aplicación de fertilizantes de base en los árboles de las cuatro especies forestales ensayadas, a los 26 meses de edad, no presentó diferencias estadísticas significativas, en el crecimiento en diámetro basal y altura.

Palabras clave: crecimiento inicial, especies forestales nativas, fertilización forestal.

ABSTRACT

In the research, was evaluated the initial behavior of four native forest species of dry forest: *Prosopis juliflora*, *Handroanthus billbergii*, *Loxopterygium huasango* and *Bursera graveolens*, planted in a seed orchard, with two types of basic fertilizers (T1. witness, T2. humus y T3. humus + complete fertilizer). A completely randomized block design was used, which was analyzed using an ANOVA with a Tukey statistical test at 0.05 probability. The evaluation was based on two criteria: quantitative (basal diameter and total height); and, qualitative (health status, apex status and stem development). In the initial behavior of the four-forest species, statistically significant differences were found; where *Loxopterygium huasango* reached the highest growth with 10.77 cm of basal diameter and 505.56 cm of total height; *Bursera graveolens* and *Prosopis juliflora* achieved similar growth; and, *Handroanthus billbergii* with 1.79 cm basal diameter and 81.33 cm of total height, obtained the lowest growth. Regarding the effect of fertilization applied to the four native forest species, statistically no significant differences were found between treatments, due to the application of basic fertilization (T1. witness, T2. humus y T3. humus + complete fertilizer), possibly due to the quantity and frequency of application of fertilization, concluding that the application of base fertilizers in the trees of the four forest species tested, at 26 months of age, did not show significant statistical differences in the growth in basal diameter and height.

Keywords: Initial growth, native forest species, planted orchard, forest fertilization

INTRODUCCIÓN

En Ecuador los bosques secos forman parte de la región Tumbesina y se encuentran en el centro y sur de la región occidental de los Andes, en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas, El Oro y Loja (Aguirre y Kvist, 2005). Originalmente cerca del 35 % (28 000 km²) del Ecuador occidental estaba cubierto por bosque seco, se estima que el 50 % habría desaparecido debido a que se encuentran ubicados en zonas relativamente pobladas, muchas veces en suelos aptos para cultivos y por tal razón han sido intervenidos y degradados mucho más que los bosques húmedos (Aguirre, Betancourt y Hassan, 2013; Cerón, Palacios, Valencia y Sierra, 1999).

Los altos niveles de endemismo presentes en este ecosistema, permiten que sean considerados como el "corazón del Centro de Endemismo Tumbesino" y una de las regiones con la prioridad máxima regional de conservación en el mundo (López, 2002; Paladines, 2003). Sin embargo, en la actualidad se considera que entre el 80 y 90 % de la cobertura vegetal original del bosque seco ha desaparecido (Naturaleza y Cultura, 2005), esto debido a la fragilidad del ecosistema y a las presiones de poblaciones aledañas (e.g. aprovechamiento de productos maderables y no maderables, pastoreo de ganado caprino y vacuno) los cuales son rubros importantes de la economía campesina (Aguirre y Kvist, 2005). Estas actividades han sido promovidas en su mayoría por políticas estatales y por la apertura de vías de transporte que se dieron a partir de la mitad del siglo XX (Dodson y Gentry, 1993).

Sorprendentemente, pese a la importancia de conservación de estos ecosistemas, los bosques secos del Neotrópico han recibido poca atención científica en comparación con los bosques lluviosos tropicales de la región (Bullock, Mooney y Medina, 1995; Calvo-Alvarado, Sánchez-Azofeifa y Portillo-Quintero, 2013; Escribano-Ávila, 2016). Aproximadamente por cada seis estudios en selvas húmedas, se realiza un estudio en bosques secos (Sanchez-Azofeifa *et al.*, 2005). Por tal razón, el conocimiento del comportamiento inicial de las especies forestales de bosque seco es pobre, pues hasta la fecha solo existen publicaciones y estudios de investigación de estructura y composición florística (Aguirre y Kvist, 2005; Espinosa, De La Cruz, Luzuriaga y Escudero, 2012).

Bajo esta perspectiva, la presente investigación es de trascendental importancia y constituye una de las pioneras en este ámbito, la misma que se realizó desde mayo del 2015 a julio del 2017 en un huerto semillero de 1748 m², establecido en el Centro Binacional de Formación Técnica Zapotepamba (CBFT-Z) perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, con el propósito de evaluar el comportamiento inicial de cuatro especies forestales nativas de bosque seco (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schum.) S.O. Grose, *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl) y *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch); y, así mismo, evaluar el efecto de dos tipos de fertilizantes base (1. humus y 2. humus + abono completo) en el comportamiento inicial de las cuatro especies forestales, contribuyendo de esta manera a generar conocimiento sobre el desarrollo inicial de las especies forestales. Todo esto con la finalidad de que, con el conocimiento científico generado, las instituciones públicas y privadas puedan tomar decisiones; y, así mismo puedan emprender programas de forestación y reforestación y poder así recuperar los ecosistemas de bosque seco degradados en la región sur del Ecuador.

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en el Centro Binacional de Formación Técnica Zapotepamba (CBFT-Z) de la Universidad Nacional de Loja, ubicado en la parroquia Casanga, cantón Paltas, provincia de Loja. Cuenta con una finca de 195,6 hectáreas, de las cuales, 40 son potencialmente regables, ubicadas en la parte baja de la finca; 150 hectáreas con áreas de secano y formaciones naturales de bosque seco; y, 5,6 hectáreas destinadas para infraestructura educativa y productiva (Abad, 2012). El área que se designó para el establecimiento del “Huerto Semillero” fue de 1748 m² (Figura 1).

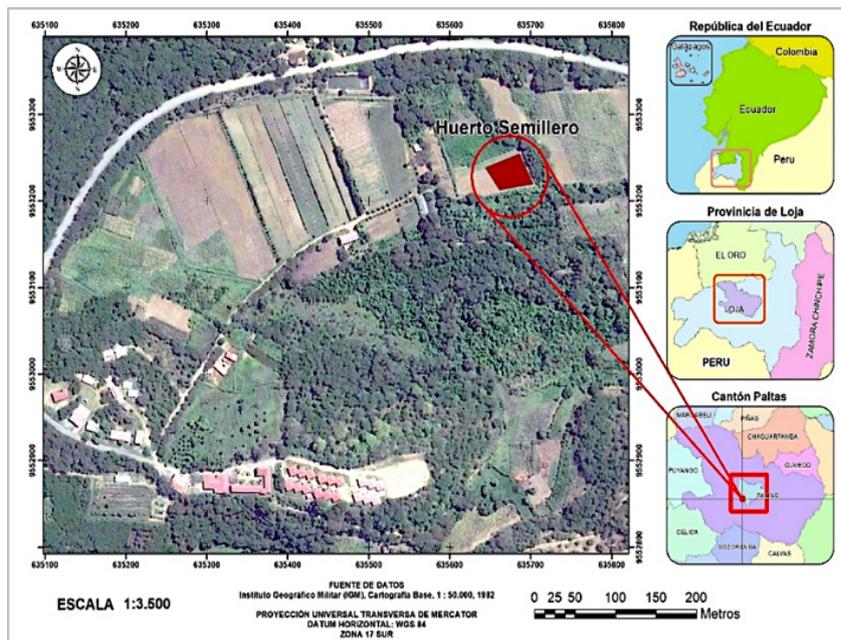


Figura 1. Mapa de ubicación de la Estación Experimental Zapotepamba.

El CBFT-Z posee una temperatura media anual de 24 °C y una precipitación media anual de 660 mm, encontrándose un régimen pluviométrico definido con un déficit de lluvia (mayo a diciembre); y, precipitaciones concentradas (enero, febrero, marzo, abril) (Chamba, 2016). La zona de vida según Holdridge 1967 se clasifica como Bs-T (Bosque seco - Tropical); y, según el sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental (MAE, 2013), el área de estudio se encuentra intervenida.

Instalación del ensayo

El ensayo se estableció el 15 de mayo del 2014, como parte 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”, en un área de 1748 m² en el cual se plantaron cuatro especies forestales de bosque seco: *Prosopis juliflora*; *Handroanthus billbergii*; *Loxopterygium huasango*; y, *Bursera graveolens*. La cantidad de plántulas por especie forestal fueron de 27, dando un total de 108 plántulas dentro del ensayo.

Variables evaluadas

Se evaluó variables cuantitativas (diámetro basal y altura total) y cualitativas (estado sanitario, estado del ápice, desarrollo del fuste). La toma de datos de las cuatro especies forestales se realizó a los dos, cinco, once, dieciocho y veinte seis meses de edad de las plantas.

Variables cuantitativas

Tabla 1. Variables cuantitativas evaluadas en el ensayo.

Diámetro basal (cm)	Se realizó con el calibrador pie de rey a 2 cm del nivel del suelo.
Altura total (cm)	Se midió cada uno de los individuos desde el nivel del terreno hasta el ápice de la planta con la ayuda de una cinta métrica graduada en los primeros meses de desarrollo de las plantas; y, posteriormente cuando alcanzaron una mayor altura se utilizó el Clinómetro Suunto.

Variables cualitativas

Tabla 2. Variables cualitativas evaluadas en el ensayo.

Estado sanitario	<ol style="list-style-type: none">1. Excelente: sin lesiones de plagas o enfermedades2. Muy bueno: lesiones en un 25% del área foliar3. Regular: lesiones en un 50% del área foliar y el tallo4. Malo: lesiones > al 75% del área y el tallo
Estado del Ápice	<ol style="list-style-type: none">1. Normal: cuando no presenta ningún tipo de alteración.2. Muy bueno: cuando el ápice tiene un tipo de alteración leve.3. Cortado: cuando ha sido realizado por el ser humano4. Quebrado: cuando se rompe naturalmente u ocasionado por insectos o animales.
Desarrollo del fuste (Torcido)	<ol style="list-style-type: none">1. Normal: el fuste de la planta crece de manera normal2. Muy torcido: la planta está totalmente inclinada3. Torcido: la planta esta medianamente torcida4. Poco torcido: la planta está poco inclinada

Análisis estadístico de los datos

Se utilizó el software InfoStat ([Di Rienzo et al., 2017](#)), en el cual se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para las variables cuantitativas (diámetro basal y altura total) de las cuatro especies forestales. Se estableció diferencias significativas con el test de Tukey a un nivel de significancia α de 0,05 ([Balzarini et al., 2008](#)), el cual permitió comprobar las hipótesis planteadas. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (Figura 2) con tres tratamientos por especie y tres repeticiones.

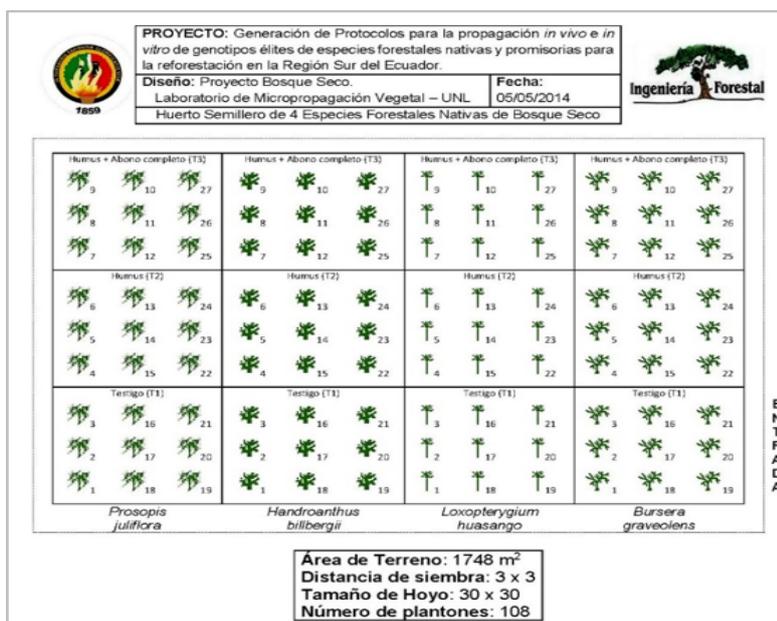


Figura 2. Diseño experimental del huerto semillero, establecido en el CBFT-Z.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos referentes al crecimiento en diámetro basal de las cuatro especies forestales desde su establecimiento hasta los 26 meses de edad, se muestra en la Figura 3. El análisis de varianza (Tabla 3); muestra, que existe una diferencia significativa en el crecimiento en diámetro basal (cm) entre especies forestales, donde *Loxopterygium huasango* obtuvo 10,77 cm, *Prosopis juliflora* 5,21 cm, seguido de *Bursera graveolens* con 4,76 cm y finalmente *Handroanthus billbergii* con 1,79 cm. Probablemente, la diferencia en diámetro basal entre las especies sea una obvia respuesta debido a sus características genotípicas y fenotípicas diferentes.

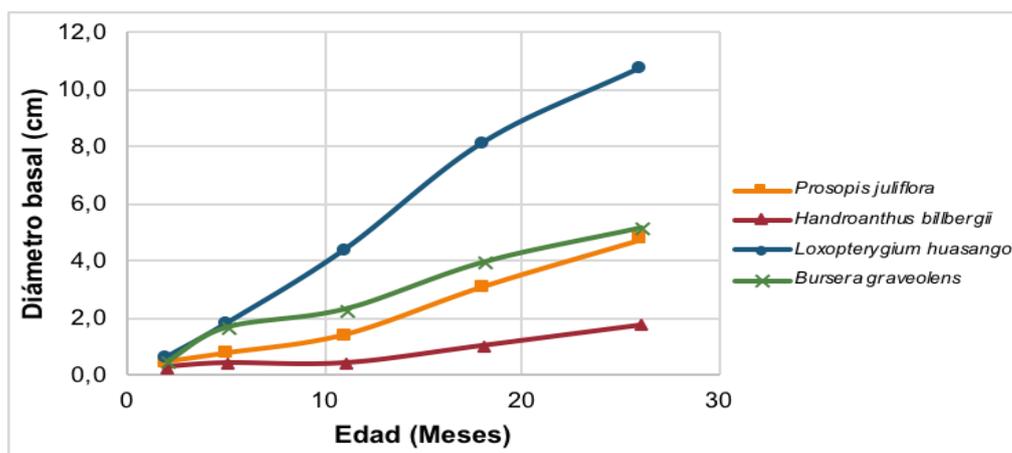


Figura 3. Curva de crecimiento en diámetro basal de las cuatro especies forestales, desde los dos hasta los 26 meses de edad.

Tabla 3. Análisis estadístico y medias del diámetro basal (cm) de las cuatro especies forestales a los 26 meses de edad.

Análisis de la Varianza					Test: Tukey Alfa=0,05		
Variable	CV	F Calc	F Tab	p-valor	Especies	Medias	E.E.
Diámetro basal (cm)	34,68	102,76	2,69	<0,0001	<i>Loxopterygium huasango</i>	10,77	0,37 A
					<i>Bursera graveolens</i>	5,21	0,37 B
					<i>Prosopis juliflora</i>	4,76	0,37 B
					<i>Handroanthus billbergii</i>	1,79	0,37 C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)							

E.E. Error estándar. CV Coeficiente de variación.

La prueba de significación de Tukey al 5% (Tabla 3), muestra tres rangos de significación. En el rango A se encuentra *Loxopterygium huasango* con 10,77 cm; en el rango B se encuentra *Prosopis juliflora* con 5,21 cm y *Bursera graveolens* con 4,76 cm; y, en el rango C se encuentra *Handroanthus billbergii* con 1,79 cm de diámetro basal promedio.

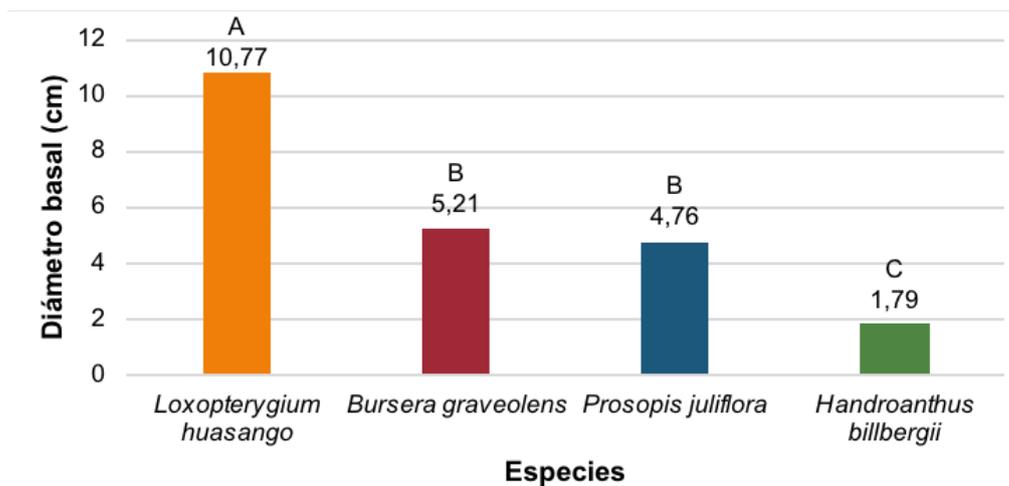


Figura 4. Diámetro basal promedio y rangos de significación de las cuatro especies forestales a los 26 meses de edad.

Crecimiento en altura (cm)

Los resultados obtenidos referente al crecimiento en altura de las cuatro especies forestales desde su establecimiento hasta los 26 meses de edad, se muestra en la Figura 5, en donde se puede observar la diferencia de altura entre especies; *Loxopterygium huasango* obtuvo 505,56 cm, seguido de *Prosopis juliflora* con 305,93 cm y *Bursera graveolens* con 265,19 cm; y, finalmente *Handroanthus billbergii* alcanzó el menor crecimiento con 81,33 cm.

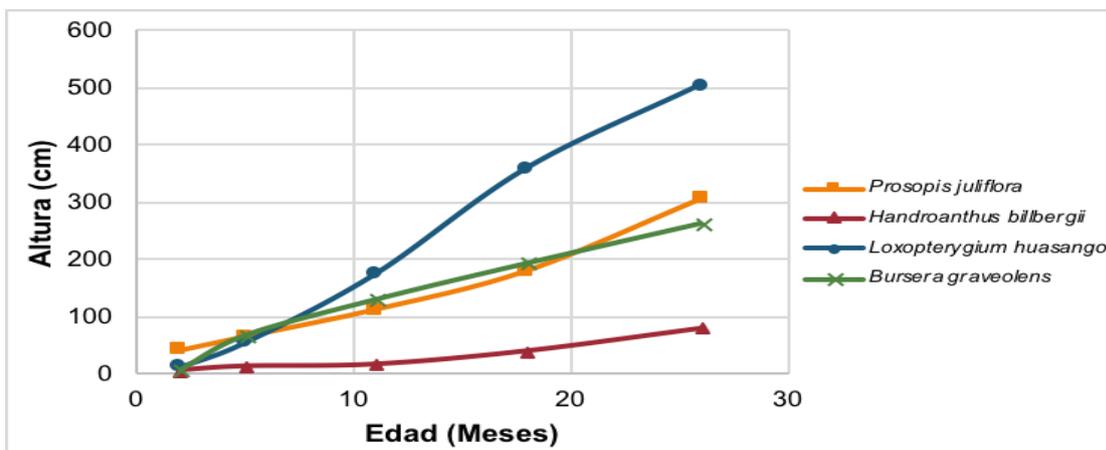


Figura 5. Curva de crecimiento en altura de las cuatro especies forestales desde los dos hasta los 26 meses de edad.

El análisis de varianza (Tabla 4) muestra que existe una diferencia significativa en el crecimiento en altura (cm) entre las cuatro especies forestales en estudio.

Tabla 4. Análisis de varianza de las cuatro especies forestales, variable altura (cm).

Análisis de la Varianza					Test: Tukey Alfa=0,05		
Variable	CV	F Calc	F Tab	p-valor	Especies	Medias	E.E.
Altura total (cm)	36,47	73,37	2,69	<0,0001	<i>Loxopterygium huasango</i>	505,56	20,32 A
					<i>Prosopis juliflora</i>	305,93	20,32 B
					<i>Bursera graveolens</i>	265,19	20,32 B
					<i>Handroanthus billbergii</i>	81,33	20,32 C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)							

E.E. Error estándar. CV Coeficiente de variación.

La prueba de significación de Tukey al 5% (Tabla 4) para la altura de las cuatro especies forestales, muestra tres rangos de significación. El rango A se encuentra *Loxopterygium huasango* con una media de 505,36 cm de altura; en el rango B *Prosopis juliflora* con 305,93 cm y *Bursera graveolens* con 265,19 cm; y, finalmente *Handroanthus billbergii* en el rango C con 81,33 cm. La diferencia de altura entre las especies (Figura 6), es una obvia respuesta debido a sus características genotípicas y fenotípicas diferentes.

Estado sanitario

Las especies forestales lograron un excelente estado sanitario (Figura 7), siendo *Bursera graveolens* la especie que obtuvo el 92 % de árboles con excelente estado sanitario, *Loxopterygium huasango* el 89 % y *Handroanthus billbergii* 80 %; sin embargo, *Prosopis juliflora* apenas obtuvo el 65 %, mientras que el 35 % restante corresponden a árboles con un estado sanitario muy bueno.

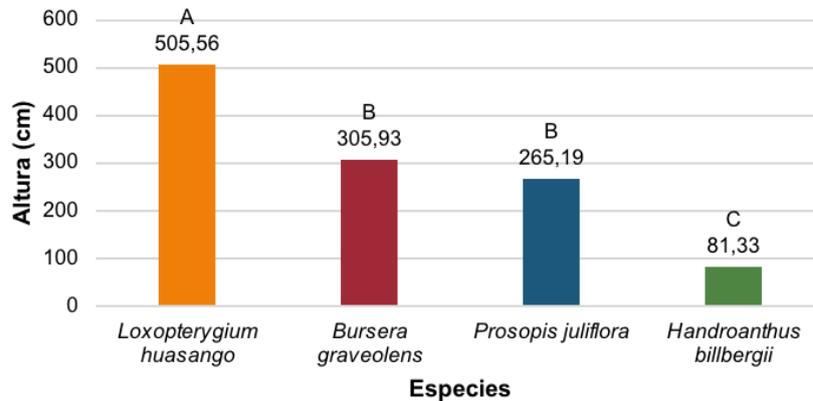


Figura 6. Altura promedio y rangos de significación de las cuatro especies forestales a los 26 meses de edad.

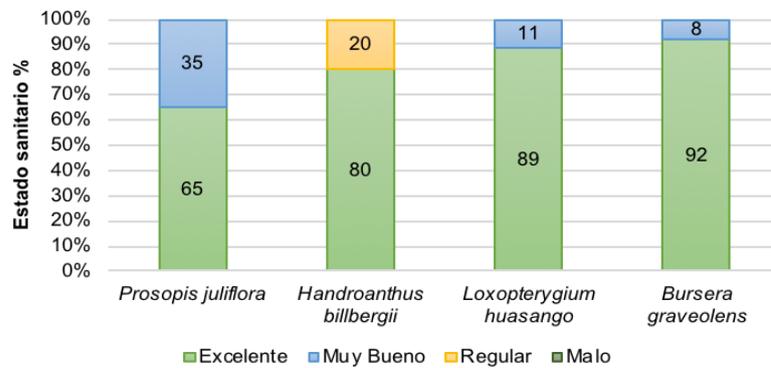


Figura 7. Estado sanitario de las cuatro especies forestales a los 26 meses de edad.

Estado del ápice

Las cuatro especies forestales estudiadas obtuvieron altos porcentajes de estado de ápice normal (Figura 8), donde *Prosopis juliflora* y *Bursera graveolens* las especies obtuvieron el 100 % de árboles con ápice normal, *Loxopterygium huasango* con el 93 % y un 7 % de árboles con ápice muy bueno; mientras que, *Handroanthus billbergii* obtuvo el 90 % de árboles con ápice normal y un 10 % de árboles con ápice cortado, que con el tiempo pueden ocasionar fustes deformados y menos limpios.

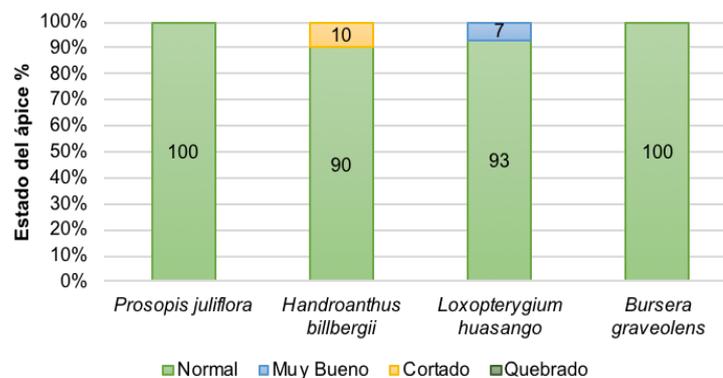


Figura 8. Estado del ápice de las cuatro especies forestales a los 26 meses de edad.

Desarrollo del Fuste (Torcido)

Los árboles de las cuatro especies forestales mantuvieron un desarrollo del fuste normal y poco torcidos (Figura 9), siendo *Prosopis juliflora* y *Handroanthus billbergii* las especies que alcanzaron el 100% de árboles con fuste normal, *Loxopterygium huasango* con 74% y un 26% de árboles con fuste poco torcido; mientras tanto, *Bursera graveolens* obtuvo apenas el 50% de árboles con fuste normal, un 31% de árboles con fuste poco torcido y el 19% de árboles con fuste torcido.

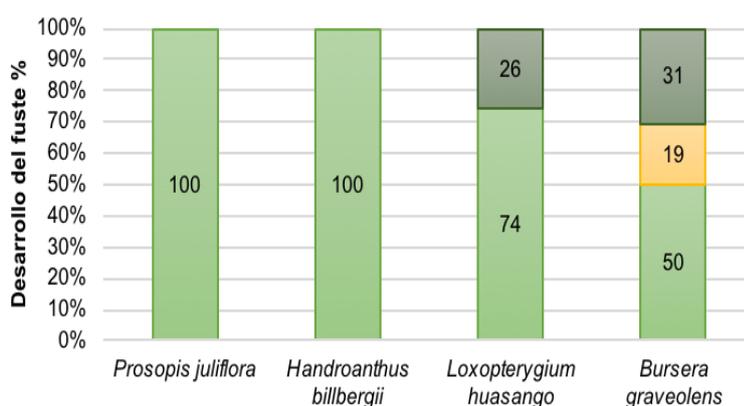


Figura 9. Desarrollo del fuste (Torcido) de las cuatro especies forestales a los 26 meses de edad

Efecto de la fertilización de base en el comportamiento inicial de las cuatro especies forestales, en el huerto semillero.

Estadísticamente, a los 26 meses de edad por efecto de la aplicación de la fertilización de base a los árboles de las cuatro especies forestales, no se evidenció diferencias significativas ($p < 0,05$) en el crecimiento en diámetro basal y altura entre tratamientos por especie (Tabla 5).

Loxopterygium huasango alcanzó en el T1 (Testigo) 10,1 cm de diámetro basal y una altura de 455,33 cm; en el T2 (Humus) alcanzó 11,48 cm de diámetro basal y una altura de 535,33 cm; mientras que, en el T3 (Humus + Abono completo) alcanzó 10,72 cm de diámetro basal y una altura de 526 cm, logrando un crecimiento entre tratamientos superior al resto de especies.

Las especies *Prosopis juliflora* y *Bursera graveolens* lograron un crecimiento similar entre tratamientos; sin embargo, *Handroanthus billbergii* alcanzó en el T1 (Testigo) 2,3 cm de diámetro basal y una altura de 101,44 cm; en el T2 (Humus) alcanzó 1,57 cm de diámetro basal y una altura de 72,44 cm; y, en el T3 (Humus + Abono completo) alcanzó 1,49 cm de diámetro basal y una altura de 70,11 cm, crecimiento considerado inferior al resto de especies evaluadas.

Tabla 5. Análisis estadístico y medias de las variables diámetro basal y altura total de las cuatro especies forestales a los 26 meses de edad.

Especie	Análisis de la Varianza				Test: Tukey Alfa=0,05			
	Variable	CV	F	p-valor	Tratamientos	Medias	E.E.	
<i>Prosopis juliflora</i>	Diámetro basal (cm)	30,76	0,73	0,4941	T1 (Testigo)	4,32	0,49	A
					T2 (Humus)	5,15	0,49	A
					T3 (Humus + Abono completo)	4,82	0,49	A
	Altura (cm)	28,72	2,09	0,1478	T1 (Testigo)	258,44	29,29	A
					T2 (Humus)	339,67	29,29	A
					T3 (Humus + Abono completo)	319,67	29,29	A
<i>Handroanthus billbergii</i>	Diámetro basal (cm)	156,5	0,23	0,7975	T1 (Testigo)	2,3	0,93	A
					T2 (Humus)	1,57	0,93	A
					T3 (Humus + Abono completo)	1,49	0,93	A
	Altura (cm)	162,27	0,16	0,8553	T1 (Testigo)	101,44	43,99	A
					T2 (Humus)	72,44	43,99	A
					T3 (Humus + Abono completo)	70,11	43,99	A
<i>Loxopterygium huasango</i>	Diámetro basal (cm)	15,21	1,61	0,2224	T1 (Testigo)	10,1	0,55	A
					T2 (Humus)	11,48	0,55	A
					T3 (Humus + Abono completo)	10,72	0,55	A
	Altura (cm)	15,9	2,66	0,092	T1 (Testigo)	455,33	26,8	A
					T2 (Humus)	535,33	26,8	A
					T3 (Humus + Abono completo)	526	26,8	A
<i>Bursera graveolens</i>	Diámetro basal (cm)	27,29	2,34	0,1203	T1 (Testigo)	5,21	0,47	A
					T2 (Humus)	4,49	0,47	A
					T3 (Humus + Abono completo)	5,94	0,47	A
	Altura (cm)	36,91	2,73	0,087	T1 (Testigo)	240,89	32,62	A
					T2 (Humus)	227,67	32,62	A
					T3 (Humus + Abono completo)	327	32,62	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)								

E.E. Error estándar. ^{CV} Coeficiente de variación.

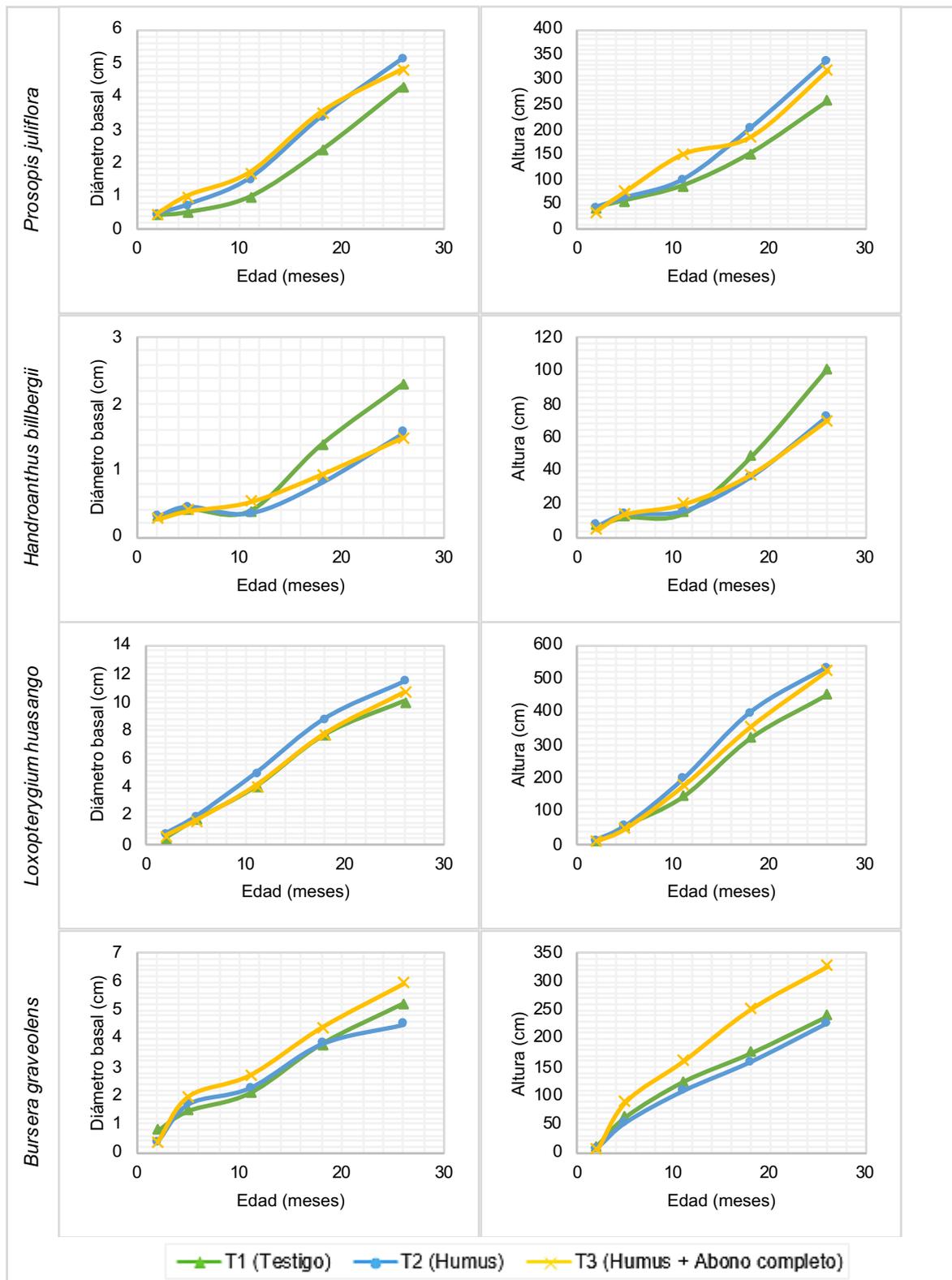


Figura 10. Curvas de crecimiento en diámetro basal y altura de los tratamientos de las cuatro especies forestales, desde dos hasta 26 meses de edad.

■ DISCUSIÓN

Comportamiento inicial de las cuatro especies forestales en el huerto semillero.

De acuerdo al análisis ANOVA para las cuatro especies forestales, el crecimiento de las plantas en diámetro basal y altura, presentó diferencias significativas (Prueba de Tukey, $p < 0,05$) entre especies (Tabla 5), y según Paillacho (2010), menciona que es una obvia respuesta de las especies debido a sus características genotípicas y fenotípicas diferentes.

Sin embargo, si se compara el crecimiento alcanzado de las cuatro especies forestales en lo referente al diámetro basal, el promedio más alto a los 26 meses de edad se obtuvo en *Loxopterygium huasango* con 10,77 cm, seguido de *Bursera graveolens* con 5,21 cm y *Prosopis juliflora* con 4,76 cm; y, el más bajo se obtuvo en *Handroanthus billbergii* con 1,79 cm. Esto se puede contrastar con un estudio realizado por Alvarado (2011), donde reporta tasas de crecimiento en *Loxopterygium huasango* de 0,44 a 0,72 cm/año (47 años) y en *Bursera graveolens* de 0,31 a 0,67 cm/año (59 años).

Por otro lado, si se compara el crecimiento alcanzado de las cuatro especies forestales en lo referente altura, el promedio más alto a los 26 meses de edad se obtuvo en *Loxopterygium huasango* con 505,56 cm, seguido de *Prosopis juliflora* con 305,93 cm y *Bursera graveolens* con 265,19 cm; mientras que, *Handroanthus billbergii* alcanzó el crecimiento más bajo con 81,33 cm. González *et al.*, (2010), en un estudio realizado en bosque húmedo para *Handroanthus chrysanthus* a los 60 meses reportó crecimientos en diámetro basal de 1,63 cm y 47,11 cm en altura, confirmando que *Handroanthus billbergii* es una especie de lento crecimiento.

El estado sanitario de las cuatro especies forestales se encontró en un rango de excelente calidad, debido a que las especies no fueron afectadas por plagas o enfermedades, las especies *Bursera graveolens* (92 %) y *Loxopterygium huasango* (89 %) presentaron los mejores porcentajes, seguido de *Handroanthus billbergii* (80 %) y *Prosopis juliflora* (65 %). La misma connotación se encontró en cuanto al estado del ápice y del fuste para las cuatro especies forestales de bosque seco; sin embargo, existieron algunas plantas con ápice cortado, debido a la acción de factores antrópicos, que afectan o dañan la calidad del fuste.

Los resultados presentados en este estudio reportan el comportamiento inicial de las especies forestales durante los dos primeros años; sin embargo, por tratarse de un huerto con fines semilleros conducen a que se puede desarrollar un monitoreo del comportamiento de las especies a largo plazo (10 - 15 años o más). Por tal razón, Aguirre *et al.*, (2013), menciona que las implicaciones de estos resultados de este tipo de investigaciones radican en que, si se usan esos conocimientos en la planificación de proyectos de forestación y reforestación de pequeña y gran escala principalmente en el sur del Ecuador, se traduce en el éxito y la sostenibilidad de estas iniciativas. Efecto de la fertilización de base en el crecimiento inicial de las cuatro especies forestales, en el huerto semillero.

El crecimiento de las especies vegetales maderables es impredecible y está en función de una serie de variables biofísicas, relacionadas con la calidad del material de plantación y técnicas de manejo silvicultural (Günter, Weber, Stimm y Mosanld, 2011; Nieto, 2005). El crecimiento en diámetro basal (cm) y altura (cm) de las especies estudiadas por efecto de la fertilización de base con Humus (T2) y Humus + Abono Completo (T3) no presentó diferencias estadísticamente

significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), datos que no concuerdan con los de Valarezo *et al.*, (2016), donde en su investigación si encontraron diferencias altamente significativas por efecto de la fertilización; resultado similar al de Villamagua *et al.*, (2016), que obtuvo diferencias altamente significativas por la aplicación de nutrientes, los mismos que son ratificados por González-Rojas *et al.*, (2016), donde menciona que al aplicar una fertilización adecuada se puede aumentar la productividad de una especie forestal.

No obstante, si se compara el crecimiento entre tratamientos en lo referente a diámetro basal, se puede mencionar que debido a las características genotípicas y fenotípicas de las especies: *Loxopterygium huasango* en el T2 (Humus) alcanzó el promedio más alto con un 11,48 cm y el más bajo *Handroanthus billbergii* en el T3 (Humus + Abono completo) con 1,49 cm; así mismo, para la variable altura el promedio más alto se logró en *Loxopterygium huasango* en el T2 (Humus) con un 535,33 cm y el más bajo esta en *Handroanthus billbergii* en el T3 (Humus + Abono completo) con 70,11 cm.

Los resultados obtenidos en la presente investigación se atribuyen a que probablemente la frecuencia y cantidad de la fertilización aplicada al suelo no fue la adecuada (Rodríguez, 1982); por tal razón, hay que profundizar en investigaciones de este tipo para desarrollar enmiendas nutricionales para cada especie en estudio; pues el crecimiento de un árbol supone un costo nutricional para el sitio, un costo de oportunidad y un costo logístico, con lo cual, si no se asegura la supervivencia y óptimo crecimiento del árbol se incurriría en pérdidas económicas considerables. Por ello es necesario incrementar la investigación en múltiples aspectos de la silvicultura de las especies en estudio, con la finalidad de que aporten al conocimiento que se requiere para construir bosques sostenibles.

CONCLUSIONES

Loxopterygium huasango a los 26 meses de edad fue la especie que mayor crecimiento en diámetro basal alcanzó con 10,77 cm y una altura de 505,56 cm respectivamente.

Handroanthus billbergii a los 26 meses de edad fue la especie que menor crecimiento en diámetro basal alcanzó con 1,79 cm y una altura de 81,33 cm.

Las cuatro especies forestales presentaron un excelente estado sanitario alcanzando en *Bursera graveolens* un 92 % de árboles sanos, 89 % en *Loxopterygium huasango*, 80 % en *Handroanthus billbergii* y 65 % de árboles sanos en *Prosopis juliflora*.

La aplicación de fertilizantes de base (T2= Humus; y, T3= Humus + Abono Completo) en el momento de la plantación de las cuatro especies forestales nativas, no inciden en el crecimiento inicial en diámetro basal y altura en las especies estudiadas.

AGRADECIMIENTOS

A 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, técnico, logístico y humano brindado para la ejecución de la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, J. (2012). *Implementación de un banco de germoplasma nativo en el Centro Binacional de Formación Técnica – Zapotepamba, en alianza con los colegios técnicos agropecuarios asentados en el lado ecuatoriano de la cuenca binacional Catamayo - Chira*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Loja.
- Aguirre, Z., Betancourt, G. G., y Hassan, J. G. (2013). Composición florística, estructura de los bosques secos y su gestión para el desarrollo de la provincia de Loja, Ecuador. *Rev. Científica Avances*, 15(2), 134–146.
- Aguirre, Z., y Kvist, L. P. (2005). Floristic composition and conservation status of the dry forests in Ecuador. *Lyonia*, 8(2), 41–67.
- Aguirre, Z., León, N., Palacios, B., y Aguirre, N. (2013). Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Revista *CEDAMAZ*, 3(1), 62–75.
- Alvarado, J. (2011). Análisis dendrocronológico de tres especies forestales del bosque seco ecuatorial estacional, 122.
- Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., y Robledo, C. W. (2008). *InfoStat. Manual de usuario*. Córdoba, Argentina.: Editorial Brujas.
- Bullock, S. H., Mooney, H. A., y Medina, E. (1995). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, New York. USA., 450.
- Calvo-Alvarado, J., Sánchez-Azofeifa, A., y Portillo-Quintero, C. (2013). Neotropical seasonally dry forests. *Encyclopedia of Biodiversity*, 5, 488–500. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00354-3>
- Cerón, C. E., Palacios, W., Valencia, R., y Sierra, R. (1999). Las formaciones naturales de la costa del Ecuador. In R. Sierra (Ed.), *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental* (pp. 55–78). Quito - Ecuador: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia.
- Chamba, M. (2016). *Composición florística y estructura de la vegetación natural del Centro Binacional de Formación Técnica Zapotepamba, cantón Paltas, provincia de Loja*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Loja.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2017). *InfoStat, versión 2017*. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Dodson, C. H., y Gentry, A. H. (1993). *Extinción biológica en el Ecuador continental*. In P. A. Mena y L. Suárez (Eds.), *La investigación para la conservación de la diversidad biológica* (pp. 27–57). Quito: EcoCiencia.
- Escribano-Ávila, G. (2016). El bosque seco neotropical de la provincia ecuatoriana: un pequeño gran desconocido. *Revista Ecosistemas*, 25(2), 1–4. <https://doi.org/10.7818/RE.2014.25-2.00>
- Espinosa, C. I., De La Cruz, M., Luzuriaga, 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. <https://doi.org/10.7818/re.2014.21-1-2.00>

- González-Rojas, M., Murillo-Cruz, R., y Ávila-Arias, C. (2016). Crecimiento inicial de *Gmelina arborea* Roxb. aplicando diferentes tratamientos de fertilización en el Pacífico Sur de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 13(33), 29. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v13i33.2575>
- González, D., Poma, R., Ordoñez, M., y Aguirre, N. (2010). Crecimiento Inicial de *Tabebuia chrysantha* y *Cedrela montana* con fines de rehabilitación de áreas abandonadas en el trópico húmedo ecuatoriano. *Ecología Forestal*, 1(1), 73–80.
- Günter, S., Weber, M., Stimm, B., y Mosandl, R. (2011). *Silviculture in the tropics*. (S. Günter, M. Weber, B. Stimm, y R. Mosandl, Eds.), *Springer* (Vol. 8). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-19986-8>
- Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology. San José, Costa Rica: *Tropical Science Center*. 206 p.
- López, F. (2002). *Ecuador-Perú, conservación para la paz*. Loja: Editorial UTPL.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- Naturaleza y Cultura. (2005). *Endemismo y estado de conservación de las especies de la Región Tumbesina*.
- Nieto, V. (2005). *Las diez especies TOP para investigación y desarrollo forestal*. Bogotá, Colombia: CONIF y Universidad Francisco José de Caldas.
- Pailacho, C. (2010). *Evaluación del crecimiento inicial de Eucalyptus urograndis, Gmelina arborea Roxb y Ochroma pyramidale Cav bajo la aplicación de cuatro dosis de potasio en la hacienda Zoila Luz del cantón Santo Domingo*. Escuela Politécnica del Ejército.
- Paladines, R. (2003). Propuesta de conservación del bosque seco en el sur de Ecuador. *Lyonia*, Honolulu, 4(2), 183–186.
- Rodríguez, S. F. (1982). *Fertilizantes*. Nutrición Vegetal. AGT Editor, SA, 97.
- Sanchez-Azofeifa, G. et al., (2005). Research priorities for neotropical dry forests. *Biotropica*, 37, 477–485.
- Valarezo, C., Villamagua, M., Mora, R., Maza, H., Wilcke, W., y Nieto, C. (2016). Respuesta del pachaco (*Schizolobium parahybum* Vell. Conc) y la melina (*Gmelina arborea* Roxb.) a la aplicación de biocarbón y fertilización en el sur de la amazonia ecuatoriana. *Bosques Latitud Cero*, 6(1), 1–32.
- Villamagua, M., Valarezo, C., Maza, H., y Valarezo, L. (2016). Efecto del biocarbón, cal y nutrientes sobre el crecimiento de dos especies arbóreas en el ambiente de ladera del sur de la amazonia ecuatoriana. *Bosques Latitud Cero*, 6(1), 12.

Índice de actividad fenológica de diez especies frutales amazónicas en la Estación Experimental El Pادمي, Zamora Chinchipe, Ecuador

Index of phenological activity of ten Amazonian fruit species in the El Pادمي Experimental Station, Zamora Chinchipe, Ecuador

Cabrera Alex^{1*}
Medina Roberto²
Aguirre Zhofre¹

¹Docente–Investigador de la Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Ciudadela Universitaria La Argelia, Loja, Ecuador.

²Ingeniero Forestal, investigador independiente, Loja, Ecuador.

*Autor para correspondencia: alex.cabrera@unl.edu.ec

RECIBIDO: 16/03/2018

APROBADO: 11/06/2018

RESUMEN

Entender cómo los fenómenos naturales están regidos y asociados a sus variables ha sido para el ser humano una prioridad; su comprensión ha permitido que el entorno sea modificado, mantenido e incluso mejorado. En este estudio se trata de estimar la actividad fenológica, de diez especies frutales amazónicas durante un año, a través de un índice ponderado que recoge valores estandarizados de floración, fructificación e incremento de volumen de tallo. El índice de actividad fenológica permitió identificar y describir (I) un patrón aislado que muestra cuatro especies con eventos únicos o no comunes y (II) un patrón agrupado, con dos subgrupos de tres especies cada una, que muestran eventos comunes y en sincronía a eventos de otras localidades. La información generada puede contribuir en el conocimiento y el aprovechamiento de las especies frutales no tradicionales en la región amazónica del sur del Ecuador.

Palabras clave: indicadores, patrones, dinámica, estandarización

ABSTRACT

Understanding how natural phenomena are governed and associated with their variables has been a priority for the human being; its understanding has allowed the environment to be modified, maintained and even improved. This study tries to estimate the phenological activity of ten Amazonian fruit species during a year, through a weighted index that includes standardized values of flowering, fruiting and increase of stem volume. The phenological activity index allowed to identify and describe (I) an isolated pattern showing four species with unique or uncommon events and (II) a grouped pattern, with two subgroups of three species each, showing common events and in synchrony with events from other locations. The information generated can contribute to the knowledge and exploitation of non-traditional fruit species in the Amazon region of southern Ecuador.

Keywords: indicators, patterns, dynamics, standardization

INTRODUCCIÓN

Es de gran importancia tener estimadores que expliquen el comportamiento o la dinámica de las especies y aún más cuando este comportamiento es influenciado por variables climáticas como temperatura y precipitación; bajo ese escenario la fenología permite conocer la dinámica de los procesos biológicos de las plantas, respecto a su entorno biótico y abiótico (Davis, Willis, Primack y Miller-Rushing, 2010).

La fenología ha sido ampliamente utilizada en la rama de la agronomía para establecer un manejo adecuado en los cultivos; situación que no ha sucedido exactamente con las especies forestales, debido a que monitorear sus fases fenológicas podría llevar mucho tiempo, incluso más de una generación humana (Davis *et al.*, 2010; Rocky Mountain Tree-Ring Research, 2018).

Las especies forestales a más de proveer servicios ambientales también son parte de la identidad de los pueblos, es así que algunas especies son altamente utilizadas en la provisión de frutos no tradicionales y aunque aún no se ha desarrollado mecanismos eficientes para el aprovechamiento de estos recursos, es indispensable generar herramientas metodológicas que permitan entender la dinámica de los procesos biológicos de las especies (Agea, Obua, Kaboggoza y Waiswa, 2007).

En la región sur amazónica del Ecuador se han realizado algunos estudios referentes a la fenológica de especies forestales y frutales; entre las principales variables (indicadoras) de estudio se puede encontrar la floración, la fructificación, la altura del árbol y la circunferencia a la altura del pecho o el diámetro a la altura del pecho (Aguirre, Gaona y Palacios, 2014a; Aguirre, Díaz y Palacios, 2015). Existen algunas variables que se pueden cuantificar directamente utilizando instrumentación manual como cinta métrica, regla, micrómetro, calibrador u otros (Dallmeier, 1992). A partir de las variables indicadoras, es posible encontrar variables derivadas— ampliamente conocidas y utilizadas en el estudio de la física o matemática— como el área basal del árbol y/o el volumen total del árbol (Aguirre *et al.*, 2014a)

Generalmente, las variables indicadoras también pueden ser asociadas en la construcción de índices que ayudan a comprender la dinámica de algún fenómeno físico en la naturaleza (Guitton, 1960). En los estudios realizados en la región sur amazónica del Ecuador se puede encontrar, en

la literatura, el uso de varios índices como el índice de calidad del rodal, el índice de esbeltez, el índice de espacio vital, entre otros (Aguirre *et al.*, 2014a).

Las diferentes cuantificaciones del comportamiento de las especies, a más de permitir comprender la relación entre factores biótico–abióticos y plantas, pueden ayudar a establecer estrategias de conservación y aprovechamiento de las especies.

Para la región sur amazónica del Ecuador se han reportado al menos 31 especies frutales con potencial productivo, especies que forman parte de la identidad cultural y que podrían tener un mejor aprovechamiento basado en sus fases fenológicas (Agea *et al.*, 2007; Alvarez, 2014).

Este estudio trata de estimar la actividad fenológica de diez especies frutales amazónicas del sur del Ecuador y para ello utilizó variables indicadoras como floración, fructificación e incremento del volumen del tallo. Con las variables se construyó un índice de actividad fenológica (*IAF*) que logró discriminar dos patrones de comportamiento de las especies. El conocer cómo las especies actúan en su medio puede contribuir al aprovechamiento eficaz de las especies frutales no tradicionales en la región amazónica sur del Ecuador.

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló en el jardín botánico de la Estación Experimental El Padmi, propiedad de la Universidad Nacional de Loja, (coordenadas UTM: 765179 E y 9585861 S) localizado entre 776 y 1119 m. snm. Políticamente se ubica en la parroquia Los Encuentros, del cantón Yanzatza, en la provincia de Zamora Chinchipe (Figura 1). Se pueden en ella diferenciar dos tipos de vegetación natural: bosque siempreverde de tierras bajas y bosque siempreverde piemontano (Sierra, 1999). Entre el año 2005 y 2009, dentro del jardín botánico se han plantado varias especies amazónicas (nativas e introducidas) con el afán de investigar las potencialidades forestales y no forestales. (Aguirre y León, 2011; Aguirre, Palacios y Aguirre, 2014b).

En la Estación Experimental El Padmi desde abril/2016 a marzo/2017 se registró una precipitación media de 217,15 mm (o acumulada de 2605 mm/año) y una temperatura media de 23,79°C. Las zonas de vida para este sector son bosque muy húmedo piemontano (bh–PM) y bosque húmedo tropical (bh–T); el clima corresponde a la transición entre el trópico subhúmedo y tropical húmedo (Cañadas, 1983).

Indicador fenológico: floración y fructificación

Tomando como base las especies frutales presentes en el jardín botánico se escogió a diez especies frutales amazónicas (Tabla 1) y de cada especie se seleccionaron diez individuos, obteniendo una muestra total de 100 árboles, en los cuales cada 15 días y durante un año (desde el 09–abril–2016 al 23–marzo–2017) se registró el porcentaje de floración y el porcentaje de fructificación. La estimación fue en base a la presencia o la ausencia de los caracteres fenológicos de cada individuo y se realizó mediante observación directa a la copa de los árboles con binoculares de 10x de ampliación. Las proporciones estimadas fueron puntuadas en una escala de 1–5 (Tabla 2.a); estos valores representan un indicador de floración (*PF*) y un indicador de fructificación (*Pf*).

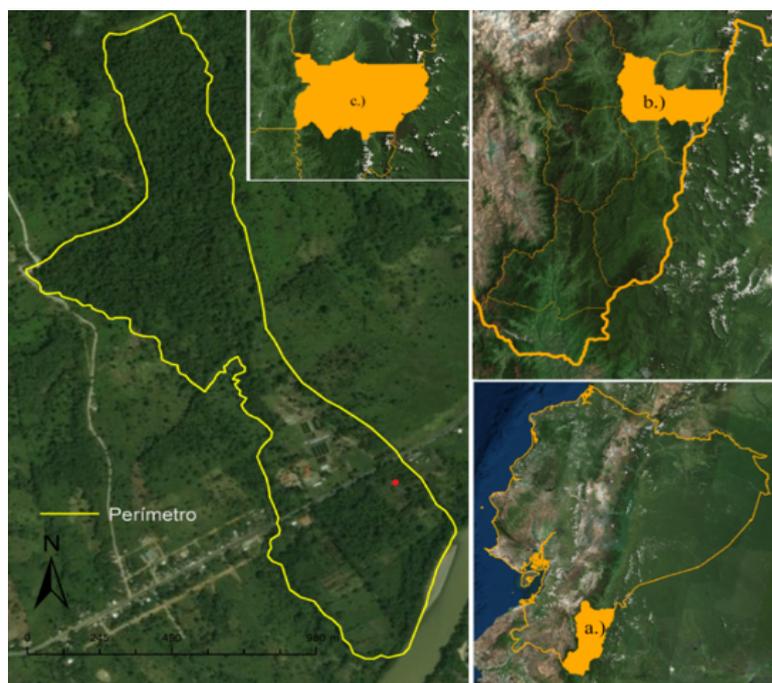


Figura 1. Ubicación del jardín botánico (punto rojo) en la Estación Experimental El Padmi (perímetro amarillo). El polígono anaranjado muestra una perspectiva visual del área de estudio respecto a su ubicación en el Ecuador continental. a.) Provincia de Zamora Chinchipe, b.) Cantón Yantzatza, c.) Parroquia Los Encuentros.

Tabla 1. Especies estudiadas en el jardín botánico de la Estación Experimental El Padmi. Los nombres científicos se ajustan a los reportados por Missouri Botanical Garden 2018.

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Fruta del pan	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg	Moraceae
2	Borojo	<i>Borojoa patinoi</i> Cuatrec.	Rubiaceae
3	Arazá	<i>Eugenia stipitata</i> Mc Vaugh	Myrtaceae
4	Guaba de bejuco	<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae
5	Uva	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	Urticaceae
6	Caimito	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Sapotaceae
7	Guayabilla	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Myrtaceae
8	Guanabana amazónica	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Annonaceae
9	Pomarosa	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	Myrtaceae
10	Copoasu	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.	Malvaceae

Este indicador representa la biomasa acumulada en el tallo durante un año y permite estimar la actividad fenológica poco perceptible (visualmente) en el desarrollo de cada especie. Para el volumen escalado se utilizó como indicadores de base a las variables: (1) altura del árbol y (2) circunferencia del tallo a la altura del pecho. Dichas variables fueron registradas en dos momentos: una al inicio del estudio (09-abril-2016) y otra a los doce meses (23-marzo-2017) en diez individuos de cada especie; las medidas de altura se obtuvieron con un hipsómetro Suunto y para la circunferencia del tallo se midió con cinta métrica a una altura de 1,30 m desde la base del árbol.

Con dichas variables se obtuvo la variación de altura y la variación de área y al multiplicar estos productos se determinó el indicador de volumen neto relativo (Vn). Finalmente, los valores de Vn fueron escalados (Tabla 2b) de 1–5 mediante una regla de tres simple directa con la relación $Vn_{máximo}=5$ y el Vn de cada especie (Vn_n).

Tabla 2. Puntuación establecida para los procesos fenológicos de floración, fructificación (modificado de Fournier, 1974) y volumen escalado. La mayor intensidad representa 5 puntos.

a.)		b.)
Floración (F) o fructificación (f) %	Puntuación	Volumen neto escalado (Ve)
0	1	$Ve = \frac{5 \times Vn_n}{Vn_{máximo}}$
1–25	2	
26–50	3	
51–75	4	
76–100	5	

Índice de actividad fenológica (IAF)

El índice de actividad fenológica (IAF) es una ecuación ponderada que trata de maximizar la actividad conjunta de los fenómenos fenológicos estimados; es decir, cada intersección (o no intersección) en sus puntuaciones puede incrementar o mantener un registro de actividad; la ponderación destaca la actividad fenológica de floración y fructificación, mientras que el indicador volumen escalado proporciona evidencia de la actividad fenológica en incremento de biomasa; el valor a utilizar en este indicador es un promedio de sus valores obtenidos de Ve debido a que este valor se lo registra en dos momentos y a diez individuos de cada especie.

El IAF se conceptualizó (Tabla 3) como:

$$\% IAF = \frac{[(PF \times 0,4 + Pf \times 0,4 + \overline{Ve} \times 0,2) \times 100]}{5}$$

Dónde: PF = Puntuación de floración; Pf = Puntuación de fructificación; (Ve) = promedio de volumen escalado de cada especie.

Tabla 3. Categorías del IAF según su rango porcentual (modificado de Fournier, 1974).

Categorías	Rango % IAF
Leve: los procesos fenológicos de floración o fructificación se expresan en proporción baja o nula, la actividad fenológica podría estar centrada en el aumento de biomasa.	$25 \leq IAF$
Moderada: los procesos fenológicos de floración o fructificación se expresan variablemente y aunque no son dominantes sus procesos se podría observar al menos uno de ellos en actividad. Se puede apreciar también un incremento en biomasa.	$25 > IAF \leq 50$
Óptima: los procesos fenológicos de floración o fructificación se expresan en conjunto y se podría observar que al menos uno de ellos es predominantemente. Se puede apreciar también un incremento en biomasa.	$50 > IAF$

RESULTADOS

Análisis exploratorio

Se proyectó indicadores fenológicos (floración, fructificación) e indicadores de clima (temperatura, precipitación) en un mismo plano vectorial (Figura 2) con la finalidad de observar cual indicador expresa una mayor variabilidad de los datos. Se observó que los vectores fenológicos son más variables que los vectores de clima; es así que *Borojoa patinoi* tiene aparentemente mayor actividad fenológica, dada la magnitud del vector floración y fructificación, seguido de *Pourouma cecropiifolia* que destaca solo en la magnitud del vector floración; para las demás especies no se observa ningún patrón ascendente destacado.

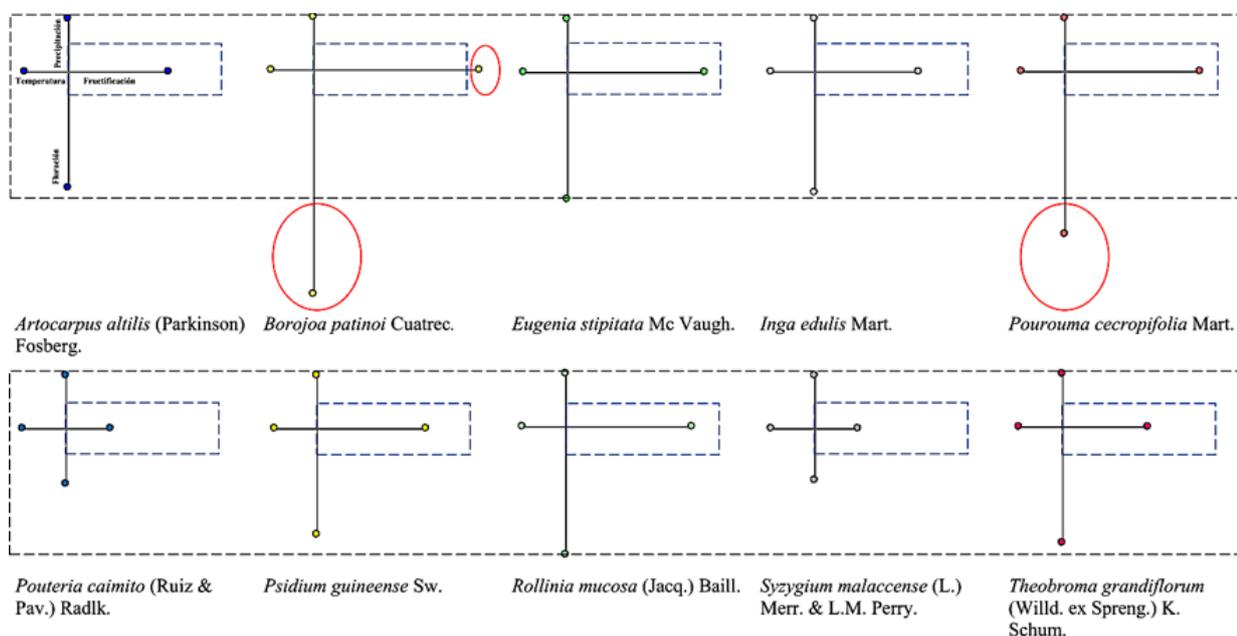


Figura 2. Vectores en plano cartesiano representando las variables de temperatura, precipitación, fructificación y floración. El rectángulo negro (líneas entrecortadas) encierra un espacio común entre las especies con magnitudes similares o menores a su media respecto al vector floración (eje -y). El rectángulo azul (líneas entrecortadas) encierra un espacio común entre las especies con magnitudes similares o menores a su media respecto al vector fructificación (eje x).

Para simplificar el aporte de cada una de las variables, en la actividad fenológica de las especies, se realizó un análisis de componentes principales y se logró establecer que las especies (en su variabilidad) están más asociadas a la variable de floración y fructificación que al indicador volumen escalado (Figura 3). Los autovalores para el primer componente tienen una proporción de 0,71 y para el segundo componente se alcanza una proporción acumulada de 0,99; lo que representa que en una simplificación de la información el análisis logra explicar un 99% de la variación total y su asociación. Esto permite suponer que las variables fenológicas tienen indicadores útiles para describir patrones de comportamiento entre las especies.

Aparentemente la variable fenológica de floración y de fructificación tiene una fuerte correlación positiva y estas variables fenológicas (floración y fructificación) tienen correlación negativa con la variable volumen escalado.

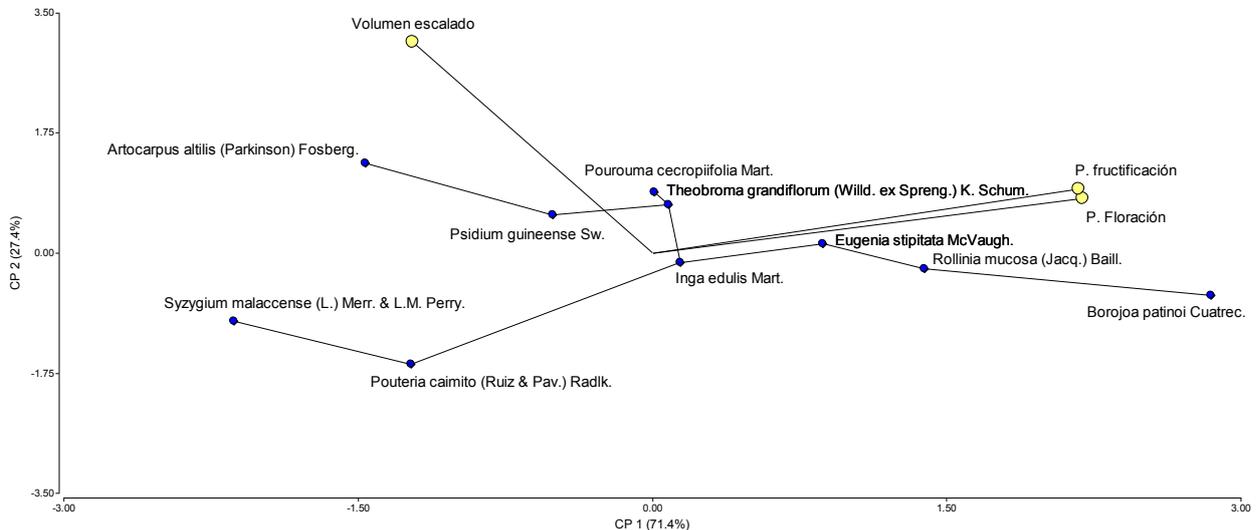


Figura 3. Biplot del análisis de componentes principales para los indicadores de puntuación de floración, puntuación de fructificación y volumen escalado.

Indicadores e índice de actividad fenológica (IAF)

La magnitud de cada indicador tiene mayor o menor intensidad en la actividad fenológica de cada especie y es claro que todas las especies tuvieron un incremento de biomasa a través del volumen de tallo (Figura 4), especialmente *Artocarpus altilis* con la mayor intensidad de 3,05 mientras que las menores intensidades se reportaron para *Eugenia stipitata* con 1,48 (menor a su intensidad en fructificación 1,58) y *Theobroma grandiflorum* con 1,16 (menor a su intensidad en floración 1,33 y fructificación 1,42); con estos datos los indicadores no podrían sumarse sin ponderación pues podrían sobredimensionar los patrones de actividad fenológica.

El IAF (Figura 5) permite observar que seis especies: *Artocarpus altilis*, *Borojoa patinoi*, *Eugenia stipitata*, *Inga edulis*, *Pourouma cecropiifolia* y *Psidium guineense* alcanzaron un pico de actividad fenológica moderada, siendo más frecuente la actividad en el mes de mayo y septiembre; aunque este repunte también es observado en las demás especies, éstas no superan el nivel leve de actividad fenológica.

Dado que los datos no cumplen los supuestos de normalidad, para discriminar los diferentes patrones de actividad fenológica se realizó la prueba no paramétrica de *Kruskal* y *Wallis* en donde se puede evidenciar (Tabla 4 y 5) que estadísticamente hay diferencias entre las especies y es posible identificar al menos dos patrones diferentes (Figura 6).

Patrón aislado

Son aquellas especies que presentan una dinámica fenológica distinta a las demás especies.

Pouteria caimito, es una especie con actividad fenológica leve, los procesos de floración y fructificación son poco expresados durante un año y solamente observables en enero/febrero y en proporciones bajas.

Syzygium malaccense, es una especie con actividad fenológica leve y los eventos de floración y fructificación no son observables, el incremento en biomasa sí es evidenciado con un valor de 2,46 de intensidad en el indicador de volumen escalado.

Borojoa patinoi, es una especie con actividad fenológica desde moderada a leve, estos eventos fenológicos podrían ser observados en los meses de mayo/octubre.

Artocarpus altilis, es una especie con actividad fenológica desde leve a moderado y solo en los meses de mayo/junio se podría observar la mayor actividad fenológica.

Patrón agrupado

Son aquellas especies que tienen eventos fenológicos comunes y se puede distinguir dos subgrupos. (1) Las especies *Eugenia stipitata*, *Inga edulis* y *Rollinia mucosa* son un subgrupo que presentan similar actividad fenológica desde leve a moderada; se puede observar al menos tres picos de actividad fenológica en los meses de abril, septiembre y diciembre. (2) Las especies *Psidium guineense*–*Pourouma cecropiifolia*–*Theobroma grandiflorum* son un subgrupo que presentan similar actividad fenológica desde leve a moderada; se puede observar al menos dos picos de actividad fenológica en los meses de abril/julio y agosto/noviembre.

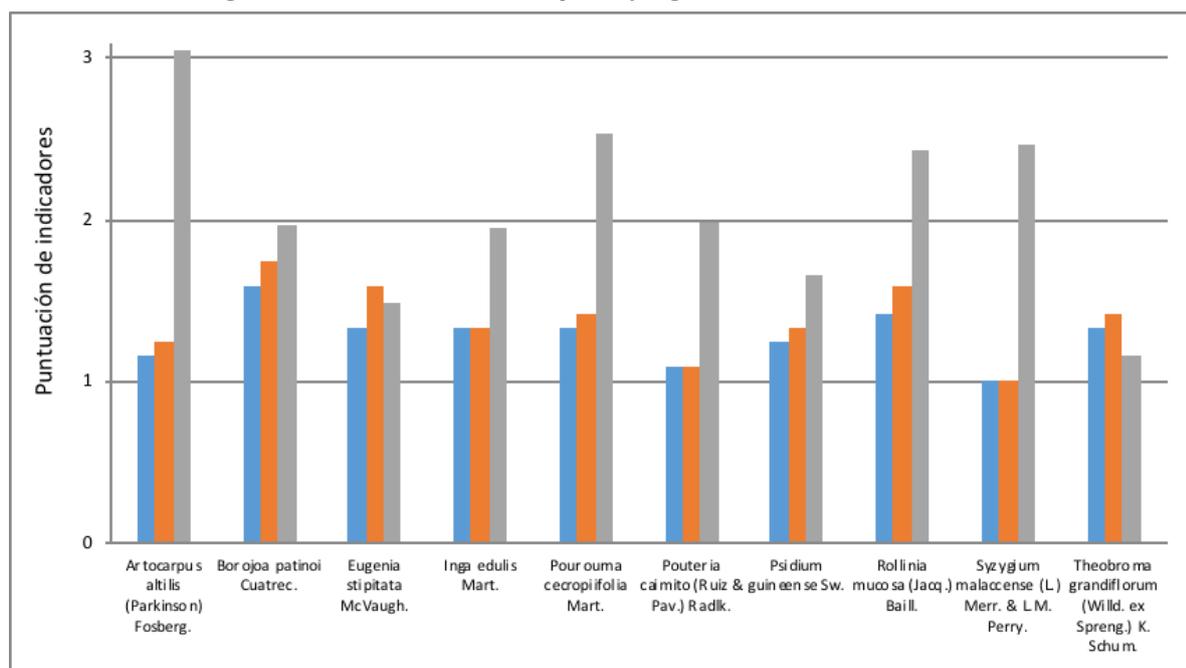


Figura 4. Puntuación de valores escalados para los indicadores de floración (azul), fructificación (anaranjado) y volumen escalado (plomo).

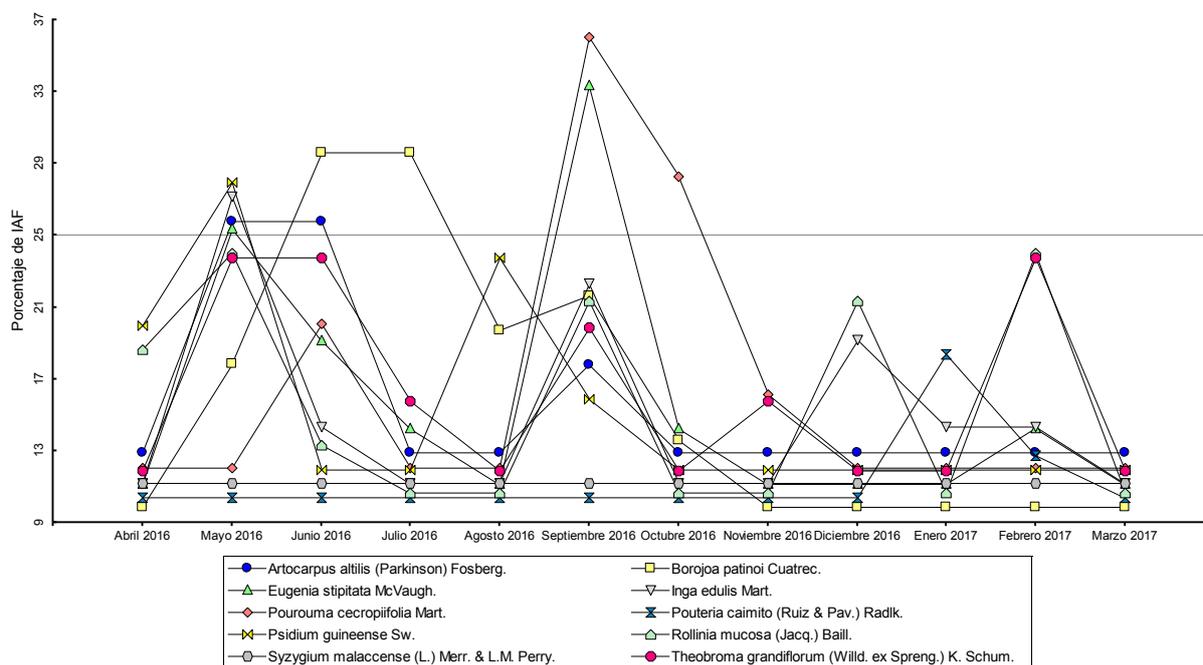


Figura 5. Diagrama de perfil multivariado con el valor porcentual del índice de actividad fenológica IAF.

Tabla 4. Estadísticos calculados para la prueba no paramétrica de *Kruskal* y *Wallis* respecto al porcentaje de actividad fenológica (% IAF).

Especie	N	Media	D.E.	Mediana	H	p
<i>Artocarpus altilis</i>	12	15,43	5,02	12,88	29,42	0,0005
<i>Borojoa patinoi</i>	12	15,93	7,69	11,73		
<i>Eugenia stipitata</i>	12	15,60	7,06	12,68		
<i>Inga edulis</i>	12	14,88	5,29	12,74		
<i>Pourouma cecropiifolia</i>	12	16,41	7,93	12,05		
<i>Pouteria caimito</i>	12	11,23	2,35	10,37		
<i>Psidium guineense</i>	12	15,23	5,59	11,94		
<i>Rollinia mucosa</i>	12	15,54	5,78	12,00		
<i>Syzygium malaccense</i>	12	11,18	2,47E-15	11,18		
<i>Theobroma grandiflorum</i>	12	16,16	5,20	13,81		

Tabla 5. Diferencias estadísticas entre especies según el rango de clasificación obtenida a partir de la prueba no paramétrica de *Kruskal y Wallis*.

Especies	Ranking	Significancias ($p > 0.005$; letras distintas)			
<i>Pouteria caimito</i>	23,08	A			
<i>Syzygium malaccense</i>	40,50	A	B		
<i>Borojoa patinoi</i>	52,33		B	C	
<i>Rollinia mucosa</i>	59,33		B	C	D
<i>Eugenia stipitata</i>	60,33		B	C	D
<i>Inga edulis</i>	63,17		B	C	D
<i>Psidium guineense</i>	71,79			C	D
<i>Theobroma grandiflorum</i>	74,13			C	D
<i>Pourouma cecropiifolia</i>	78,50			C	D
<i>Artocarpus altilis</i>	81,83				D

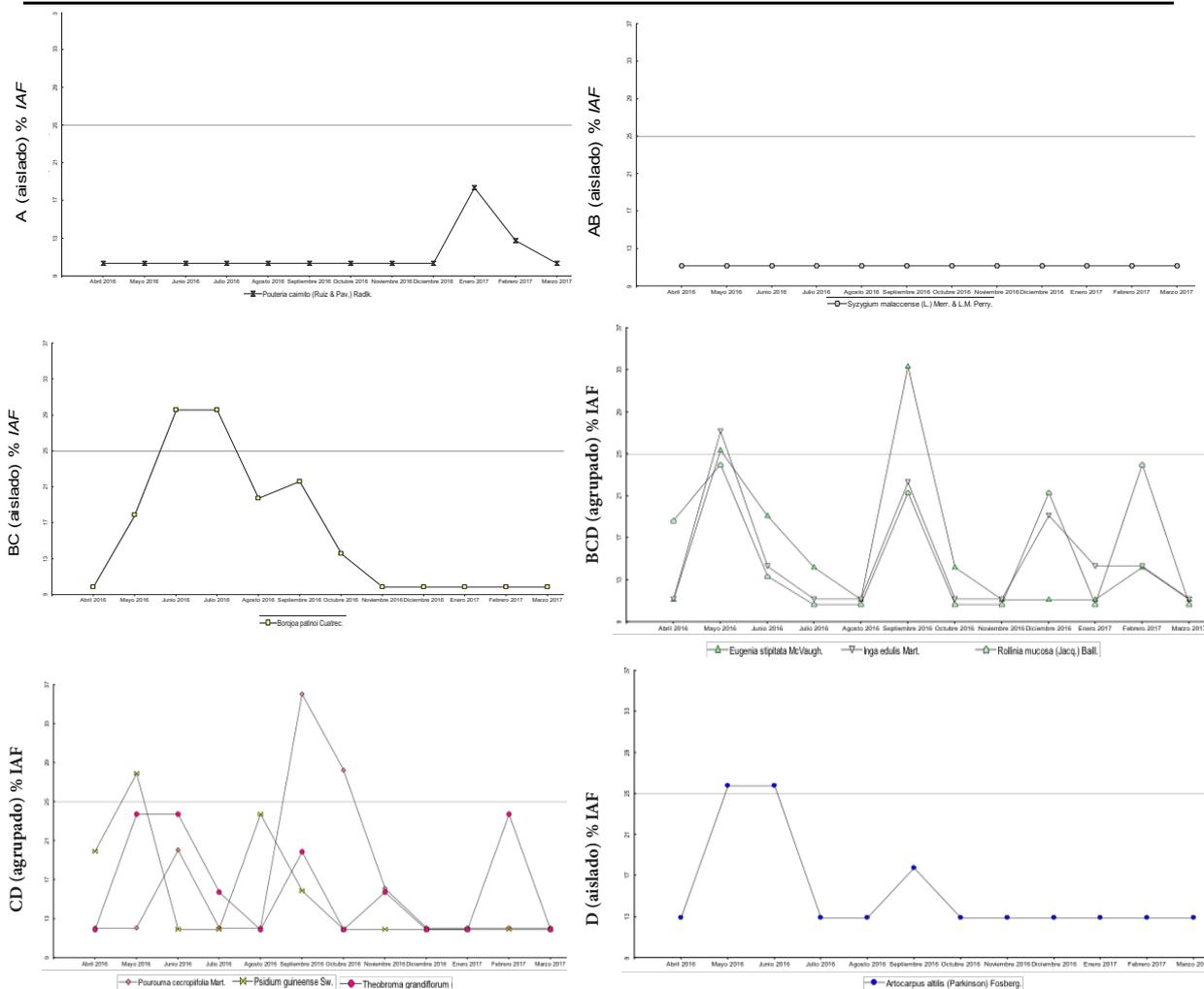


Figura 6. Patrones de actividad fenológica obtenidas de la prueba no paramétrica de *Kruskal y Wallis* (respecto a sus diferencias significativas $p > 0,005$). Su orden (letras mayúsculas) corresponde a lo presentado en la Tabla 5; en el eje x se representa los meses en estudio

■ DISCUSIÓN

Análisis exploratorio

El analizar patrones, desde los datos exploratorios vectoriales, podría ser bastante subjetivo; sin embargo puede ayudar a formular un contexto sobre un fenómeno estudiado en este caso los patrones fenológicos. Se puede afirmar que la simplificación, de los indicadores (floración, fructificación, volumen escalado), pueden describir patrones fenológicos entre las especies. Patrones fenológicos de las 10 especies frutales amazónicas en el jardín botánico de la Estación Experimental El Padmi.

Al estar relacionados sus indicadores de floración, fructificación y volumen escalado el índice es capaz de reflejar una dinámica integral (Guitton, 1960; Ruml y Vulić, 2005). El *IAF* permite tener una mejor visualización de la dinámica fenológica sin sobredimensionar el aporte de cada indicador; por ejemplo, el volumen de tallo (al presentar valores más altos respecto a los otros indicadores) podría sobreestimar la actividad fenológica en conjunto, pero la ponderación de cada valor permite dar mayor importancia a las características de floración y fructificación; que son las fases de interés en un posible manejo de frutales.

Patrón aislado

En la estación Experimental El Padmi al menos cuatro especies tienen patrones de actividad fenológica aislados, es decir, no expresan actividad en las mismas épocas o con la misma intensidad que las demás especies; estas tienen una dinámica única.

Pouteria caimito en El Padmi tiene actividad fenológica leve y podría deberse a la falta de eventos de fructificación, este fenómeno está influenciado por la presencia o ausencia de polinizadores; principalmente de abejas. El único pico de actividad fenológica leve (enero/febrero) de esta especie no está sincronizado a lo reportado en los bosques de la amazonia Central en Brasil, en donde se registra incluso tres eventos de floración al año en los meses de marzo/abril, mayo/junio y agosto/septiembre y para la fructificación en septiembre/diciembre (Falcão y Clement, 1999; Alves-Araújo, Swenson y Alves, 2014).

Syzygium malaccense en la estación Experimental El Padmi tiene actividad fenológica leve y no presenta floración ni fructificación; solamente es observable el incremento de volumen de tallo (con una intensidad de 2,46 de valor escalado) esto podría deberse a la falta de adaptabilidad o a la carencia de polinizadores locales de esta especie (Falcão, Paraluppi y Clement, 2002). Esta especie es introducida (originaria del Sureste de Asia) y generalmente tiene su pico de actividad fenológica en febrero/abril y octubre/diciembre en Malasia (Moneruzzaman, Nasrulhaq, Osman y Sharif, 2012), en tanto que en los Bosques Amazónicos de Brasil se puede apreciar dos eventos de actividad fenológica uno en la época lluviosa en marzo y otro en la época seca en julio/agosto (Falcão et al., 2002).

Borojoa patinoi en El Padmi podría tener influencia en la cantidad de árboles con flores masculinas y árboles con flores femeninas, ya que solamente la floración femenina es capaz de producir frutos (Giraldo, Rengifo, Aguilar, Gaviria y Alegría, 2004), la actividad fenológica moderada tiene picos en mayo/junio y la actividad fenológica leve tiene picos en agosto/octubre. Estas son relativamente similares a lo reportado en el Municipio de Lloró en Colombia donde registra

únicamente su actividad en abril/mayo; estos picos también podrían estar relacionados a la presencia de insectos (himenópteros) que permiten que los procesos fenológicos de fructificación puedan expresarse (Neita, Cortés y Madrigal, 2004).

Artocarpus altilis en El Padmi con su pico de actividad fenológica moderada en los meses de mayo/junio no concuerda con lo registrado en los bosques amazónicos de Brasil (época lluviosa en enero/marzo) y la actividad fenológica leve concuerda con lo reportado en la época seca en agosto/octubre; en Brasil la fructificación está presente durante todo el año. Esta especie también es introducida con origen desconocido y aunque la polinización no es fundamental para la fructificación esta especie podría estar interactuando con hormigas, mariposas y moscas (Falcão, Clement, Moreira, Chávez, Santiago, Freitas, 2001; Ragone, 2006).

Patrón agrupado

En el subgrupo conformado por *Eugenia stipitata*–*Inga edulis*–*Rollinia mucosa* los picos de actividad fenológica están en los meses de abril, septiembre y diciembre.

Eugenia stipitata tiene una actividad similar a la reportada en Costa Rica en donde la fructificación no suele ser alta y tiene al menos cuatro picos de actividad al año en los meses de abril, mayo, septiembre y octubre, la actividad fenológica leve podría estar relacionada a que el 25 % de la flores polinizadas producen fruto; esta especie puede interactuar con varias insectos del orden Hymenoptera (Escobar, Zuluaga, Cardenas y Rivas, 1999; Kantén y Beer, 2005).

Inga edulis tiene actividad fenológica similar a la reportada en la amazonia Central de Brasil con picos en marzo/mayo, agosto/septiembre, octubre/enero y abril/junio; esto también es similar a lo reportado en departamento del Quindío en Colombia respecto a la duración de sus procesos fenológicos de al menos tres meses seguidos (Falcão y Clement, 2000; Marín-Gómez, Castaño y Gómez, 2012)

Rollinia mucosa tiene actividad fenológica leve y podría estar relacionado a la producción frutos proviene del 35 % de sus flores según lo reportado en la amazonia Central de Brasil, esta especie requiere ser polinizada por lo que su interacción con escarabajos podría ser influyente. Respecto a su actividad fenológica coincide con al menos tres picos en mayo, septiembre y noviembre (Falcão, Lleras, Kerr y Medeiros Carreira, 1981; Martel, 2012).

En el subgrupo conformado por *Psidium guineense*–*Pourouma cecropiifolia*–*Theobroma grandiflorum* los picos de actividad fenológica están en los meses de abril/julio y agosto/noviembre.

Psidium guineense tiene una actividad fenológica (principalmente) leve y coincide con los picos reportados en la India en febrero/abril y agosto/septiembre (Alfia, Vasugi, Honnabyraiah, Adiga, Shivapriya, Vincen, 2017), en Costa Rica las referencias sugieren incluso cuatro picos de actividad fenológica en los meses de enero, marzo/abril, julio, noviembre/diciembre (Proença, Filer, Lenza, Silva y Harris, 2012).

Pourouma cecropiifolia tiene actividad fenológica de leve a moderada y coincide con los picos reportados en la amazonia de Brasil en abril/junio y octubre/enero, en cambio difiere muy poco con lo registrado en Venezuela en los meses de febrero/marzo y noviembre/diciembre; es posible que la actividad fenológica este influenciada por la estacionalidad de la época lluviosa y seca (Falcão y Lleras, 1980; Sánchez, Arends, Villarreal y Cegarra, 2005).

Theobroma grandiflorum con actividad fenológica leve coincide a la reportado en la amazonia de Brasil entre el mes de mayo y septiembre. Factores como la estacionalidad seca y la falta de polinizadores efectivos podría influir en el desempeño de la actividad fenológica, sobre todo en la producción de frutos (Falcão y Lleras, 1983; Venturieri, 2011).

■ CONCLUSIONES

Las variables fenológicas floración, fructificación e incremento de volumen de tallo son buenos indicadores de la actividad fenológica de las especies. El *IAF* basado en indicadores fenológicos permite agrupar patrones con características similares.

Existe una sincronización aceptable entre los picos determinados por el % *IAF* y los reportados en diferentes especies y localidades. El *IAF* propone una nueva alternativa para la estimación y agrupación de patrones de comportamiento de las especies; su validación y/o modificación podrían ayudar a entender de mejor manera los procesos fenológicos.

Contribución de los autores

Alex Cabrera conceptualizó la temática, procesó la información y elaboró el documento. Roberto Medina colectó la información de las especies en el marco del proyecto de Tesis de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja denominado “Crecimiento y fenología de diez especies frutales amazónicas, establecidas en el jardín botánico de la quinta El Padmi, Zamora Chinchipe”. Zhofre Aguirre dirigió el proyecto de tesis mencionado y revisó la versión final del manuscrito.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Agea, J. G., Obua, J., Kaboggoza, J. R., & Waiswa, D. (2007). Diversity of indigenous fruit trees in the traditional cotton-millet farming system: the case of Adwari subcounty, Lira district, Uganda. *African Journal of Ecology*, 39–43.
- Aguirre Mendoza, Z., & León Abad, N. (2011). *Sobrevivencia y crecimiento inicial de especies vegetales en el Jardín Botánico de la quinta El Padmi, Zamora, Chinchipe*. Arnaldoa, 115 - 122.
- Aguirre Mendoza, Z., Díaz Ordóñez, L. F., Palacios H., B. (2015). Fenología de especies forestales nativas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Cedamaz*, 68-80.
- Aguirre Mendoza, Z., Gaona Ochoa, T., Placios Herrera, B. (2014a). Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Cedamaz*, 62-75.
- Aguirre Mendoza, Z., Palacios Herrera, B., Aguirre, N. (2014b). Dinámica de crecimiento y fenología de un ensamble de especies forestales establecidas en el jardín botánico El Padmi, Zamora Chinchipe. *Cascarilla*, 18-22.
- Alfia, M., Vasugi, C., Honnabyraiah, M., Adiga, J., Shivapriya, M., Vincen, L. (2017). Phenological stages of wild species and cultivated species of guava (*Psidium guajava* L.). *Int. J. Pure App. Biosci.*, 464-474.

- Alvarez, G. (2014). Caracterización y potencial de uso de especies frutales nativas en la región sur de la amazonía ecuatoriana. *Cedamaz*, 54-62.
- Alves-Araújo, A., Swenson, U., Alves, M. (2014). A Taxonomic Survey of Pouteria (Sapotaceae) from the Northern Portion of the Atlantic Rainforest of Brazil. *Systematic Botany*, 915–938.
- Cañadas, L. (1983). *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Quito: PRONAREG.
- Dallmeier, F. (Ed.). (1992). *Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: methods for establishment and inventory of permanent plots*. Paris: UNESCO.
- Davis, C. C., Willis, C. G., Primack, R. B., Miller-Rushing, A. J. (2010). The importance of phylogeny to the study of phenological response to global climate change. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 3201–3213.
- Escobar, C., Zuluaga, J., Cardenas, C., & Rivas, E. (1999). El cultivo de araza (*Eugenia stipitata* McVaugh) (Segunda ed.). Colombia: *Corpoica Regional* 10.
- Falcão, M. d., & Clement, C. R. (1999). Fenología e produtividade do abiu (*Pouteria caimito*) NA AMAZÔNIA CENTRAL. *Acta Amazônica*, 3-11.
- Falcão, M. d., Clement, C. R. (2000). Fenologia e produtividade do Infá-Cipó (*Inga edulis*) na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 173-180.
- Falcão, M. d., & Lleras, E. (1980). Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do Mapati (*Pourouma cecropiifolia* Mart.). *Acta Amazonica*, 711-724.
- Falcão, M. d., & Lleras, E. (1983). Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do cupaçu-*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. *Acta Amazonica*, 725-735.
- Falcão, M. d., Lleras, E., Kerr, W. E., & Medeiros Carreira, L. M. (1981). Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do biribá (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill.). *Acta Amazonica*, 297-306.
- Falcão, M. d., Paraluppi, N. D., & Clement, C. R. (2002). Fenologia e produtividade do jambo (*Syzygium malaccensis*) NA AMAZÔNIA CENTRAL. *Acta Amazonica*, 3-8.
- Falcão, M., Clement, C., Moreira Gomes, J. B., Chávez Flores, W., Santiago, F. F., Freitas, V. P. (2001). Fenologia e produtividade da fruta-pão (*Artocarpus Altilis*) e da Jaca (*A. heterophyllus*) na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 179-191.
- Fournier, L. (1974). Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 422-423.
- Giraldo, C. I., Rengifo, L., Aguilar, E., Gaviria, D., & Alegría, Á. H. (2004). Determinación del sexo en borojó (*Borojoa patinoi*, Cuatrecasas) mediante marcadores moleculares. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 9-14.
- Guitton, H. (1960). Índices e indicadores. *Revista de Economía y Estadística*, 9-23.
- Kanten, R. v., & Beer, J. (2005). Production and phenology of the fruit shrub *Eugenia stipitata* in agroforestry systems in Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 203–209.
- Marín-Gómez, O. H., Castaño, A. F., & Gómez, G. D. (2012). Fenología del guamo *Inga edulis* (FABALES: MIMOSOIDEAE) en dos agrosistemas del Quindío, COLOMBIA. *Revista de Investigaciones - Universidad del Quindío*, 127-133.
- Martel, C. (2012). Una nota adicional sobre la polinización en *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., “La Anona”, en el sureste del Perú. *Xilema*, 88-93.

- Moneruzzaman Khandaker, M., Nasrulhaq Boyce, A., Osman, N., Sharif Hossain, A. (2012). Physiochemical and Phytochemical Properties of Wax Apple (*Syzygium samarangense* [Blume] Merrill & L. M. Perry var. Jambu Madu) as Affected by Growth Regulator Application. *The Scientific World Journal*, 1-13.
- Neita, J. C., Cortés, H., & Madrigal, A. (2004). Los himenópteros asociados a una parcela agroforestal de *Borojao patinoi*, *Cedrela odorata*, *Apeiba aspera* e *Inga spectabilis* en la granja de la Universidad del Chocó, municipio de Lloró, Chocó. *Revista Colombiana de Entomología*, 233-239.
- Proença, C. E., Filer, D. L., Lenza, E., Silva, J. S., & Harris, S. A. (2012). Phenological Predictability Index in BRAHMS: a tool for herbarium-based phenological studies. *Ecography*, 289–293.
- Ragone, D. (2006). *Artocarpus altilis* (breadfruit). Obtenido de <https://ntbg.org>
- Rocky Mountain Tree-Ring Research. (30 de Marzo de 2018). Rmtrr.org. Obtenido de <http://www.rmtrr.org/oldlist.htm>
- Ruml, M., & Vulić, T. (2005). Importance of phenological observations and predictions in agriculture. *Journal of Agricultural Sciences*, 217-225.
- Sánchez, D., Arends, E., Villarreal, A., & Cegarra, A. (2005). Fenología y caracterización de semillas y plantulas de *Pourouma cecropiifolia*. *Ecotrópicos*, 96-102.
- Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. (R. Sierra, Ed.) Quito: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF Y EcoCiencia.
- Venturieri, G. A. (2011). Flowering levels, harvest season and yields of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). *Acta Amazonica*, 143 - 152.

Potencial de productividad de aceite de *Oenocarpus bataua* Mart, en la Amazonía ecuatoriana, Cantón Taisha.

Oil productivity potential of *Oenocarpus bataua* Mart, in the Ecuadorian Amazon, Taisha Canton.

Palacios Byron^{1*}
Enriquez Dalton²
Sosa Adriana³

¹Docente Investigador de la Universidad Nacional de Loja

²Docente Investigador, Universidad Estatal Amazónica.

³Fundación Chankuap Recursos para el Futuro

*autor para correspondencia: byron.palacios@unl.edu.ec

RECIBIDO: 20/03/2018

APROBADO: 19/06/2018

RESUMEN

Oenocarpus bataua está ampliamente distribuida en la parte norte de América del sur, en Ecuador se encuentra en las tierras bajas de la Amazonía. La especie posee un gran potencial para la producción de aceite adecuado para el consumo humano y la industria; sus frutos son comestibles de los cuales se prepara una bebida llamada chicha de ungurahua muy apetecida por las comunidades. El objetivo de esta investigación fue determinar en estado silvestre la productividad de aceite de *Oenocarpus bataua*, en la comunidad Shuar Chiriap del cantón Taisha, Provincia de Morona Santiago, con una área neta de bosque natural de 300 ha. La metodología empleada fue con base a lo que se aplica en un inventario forestal de productos forestales no maderables. Entre los resultados principales se determinó la presencia de 500 palmas productoras, que oscilan desde 15 a 35 cm DAP, alturas comerciales de 10 a 16 metros y la regeneración natural de 18 375 plántulas. Con respecto al proceso de extracción del aceite por el método tradicional se concluyó que el potencial de productividad promedio fue de 0,78 l/palma/año, con un promedio total de 392 l/año respectivamente al 100 % del área neta de estudio; sin embargo con la finalidad garantizar la sostenibilidad de la especie a largo plazo se consideró aprovechar el 40 % equivalente a 156,80 l/año.

Palabras clave: Productividad, aceite, amazonia, *Oenocarpus bataua*.

ABSTRACT

Oenocarpus bataua is widely distributed in the northern part of South America, in Ecuador it is found in the lowlands of the Amazon. The species has great potential for the production of suitable oil for human consumption and industry; its fruits are edible, from which a drink called chicha de ungrahua is prepared, very much desired by the communities. The objective of this research was to determine in the wild the oil productivity of *Oenocarpus bataua*, in the Shuar Chiriap community of Taisha canton, Province of Morona Santiago, with a net natural forest area of 300 ha. The methodology used was based on what is applied in a forest inventory of non-timber forest products. Among the main results, the presence of 500 production palms was determined, ranging from 15 to 35 cm DAP, commercial heights of 10 to 16 meters and natural regeneration of 18 375 seedlings. With respect to the oil extraction process by the traditional method, it was concluded that the average productivity potential was 0,78 l/palm/year, with a total average of 392 l/year, respectively, at 100 % of the net area of study; however, in order to guarantee the sustainability of the species in the long term, it was considered to take advantage of 40 % equivalent to 156,80 l / year.

Keywords: Productivity, oil, amazon, *Oenocarpus bataua*.

INTRODUCCIÓN

La importancia de estudiar en bosque natural, los factores que afectan la producción de aceite de *Oenocarpus bataua* permite su manejo sostenido sea para beneficio económico o para la conservación de su hábitat natural; garantizando alimento para animales y principalmente ingresos económicos para la comunidad shuar Chiriap. HELPE (2017), manifiesta que los bosques naturales y árboles fuera del bosque, contribuyen a la seguridad alimentaria; es decir, se constituyen en suministro directo de alimentos, energía, empleo e ingresos económicos. Por lo que, los factores relacionados a los servicios ecosistémicos son esenciales en la seguridad alimentaria y la nutrición, la salud del hábitat y el bienestar de los seres humanos.

Si bien, se estima que los alimentos provenientes de los bosques representan el 0,6 % del suministro mundial de energía alimentaria, estos alimentos contribuyen considerablemente a la calidad y diversidad de la dieta de la población mundial, desempeñando un papel fundamental en la seguridad alimentaria de las comunidades dependientes de los recursos del bosque. Según la FAO (2016), los bosques no son solamente árboles, desempeñan una función vital en la preservación del ciclo del agua, protección del suelo y conservación de la biodiversidad; mediante el almacenamiento de carbono se constituyen una defensa de suma importancia contra los efectos del cambio climático.

MAE (2014) reporta que Ecuador posee el 51,38 % de cobertura forestal en bosque natural, correspondiente a 12 793 462,46 ha, en su mayoría en la Amazonía ecuatoriana. En el bosque tropical húmedo se encuentra la especie *Oenocarpus bataua*, muy utilizada en América Latina por las personas como fuente de alimento, (aceite, “chicha”, “leche”, alimento fresco), medicina, fibras, material de construcción, artesanías y objetos manuales Henderson y Bernal (1995). En la Ama-

zonía ecuatoriana las comunidades y nacionalidades aprovechan el aceite de *Oenocarpus bataua* (ungurahua) para preparar sus alimentos (Palacios, 2009).

Para Miller (2002), las características de *Oenocarpus bataua* hacen que tenga una alta potencialidad para el aprovechamiento sostenible de poblaciones silvestres, por su amplia distribución y sus densidades relativamente altas. En la comunidad shuar de Chiriap, Amazonía ecuatoriana, a los frutos de *Oenocarpus bataua* lo conocen como Kunkuk y es muy consumido por las personas de la comunidad en su estado natural, o a su vez, mezclado con la chicha de yuca, manifestando que les da fuerza para trabajar, por su alto contenido de nutrientes. Por lo que, el objetivo de este estudio es determinar en estado silvestre el potencial de productividad de aceite de *Oenocarpus bataua*, en la comunidad Shuar Chiriap, del cantón Taisha, provincia de Morona Santiago; como componente importante del bosque amazónico que demanda su conservación y uso sostenible de sus productos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra ubicada en la Zona de Trans-Kutukú en la provincia de Morona Santiago, cantón Taisha perteneciente a la parroquia Macuma, en las siguientes coordenadas geográficas UTM: vértice 1; X= 218481 m; Y=9 753572 m (Ver figura 1). Con una altitud de 545 m s.n.m, pendiente generalmente del 30 %, temperatura media anual de 23°C y una precipitación anual de 2000 a 3000 mm. Según MAE (2012), representa a un clima cálido húmedo tropical, típico del bosque siempre verde pie montano de las Cordilleras del Cóndor-Kutukú. Limita al Norte con la comunidad Yamaram, al Sur con la comunidad Pimpintza y Chankuap, al Este con el río Chankuap y al Oeste con el río Macuma.

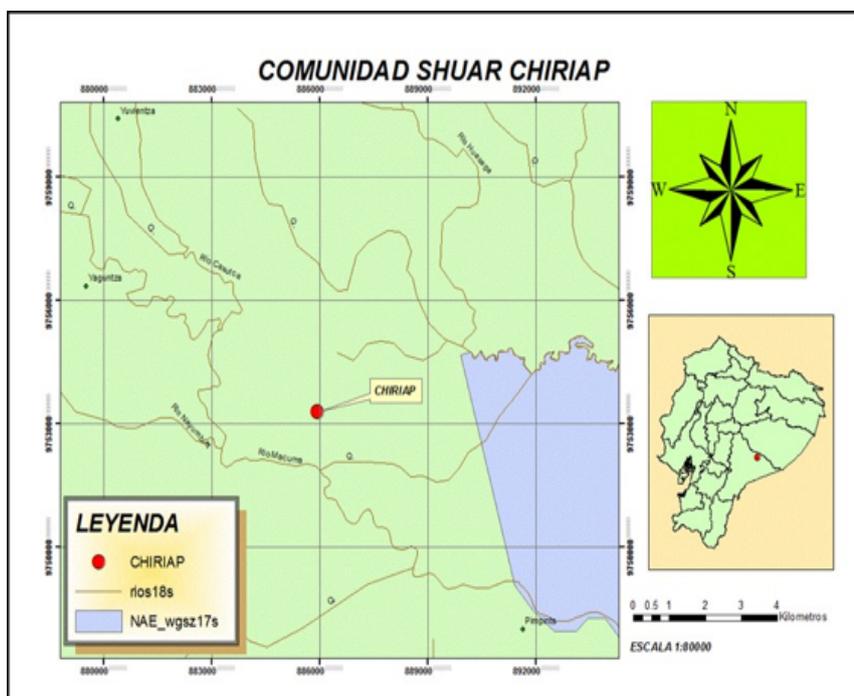


Figura 1. Área de estudio comunidad Shuar Chiriap.

El área de la comunidad shuar Chiriap es de aproximadamente 5000 ha; de las cuales alrededor de 300 ha, están siendo aprovechadas con productos forestales no maderables como la palma de *Oenocarpus bataua*.

Tipo de Inventario Forestal

Con la finalidad de garantizar la conservación de las poblaciones naturales de especies valiosas del bosque en el área de estudio se realizó un inventario de productos forestales no maderables (PFNM), debido a que se trata de una actividad intrínseca a un proceso de manejo forestal diversificado.

Intensidad de muestreo

Antes de realizar el inventario forestal para productos forestales no maderables (PFNM), se aplicó la fórmula de intensidad de muestreo (I) para conocer si el área muestreada es representativa de la población.

$$I = \frac{SM}{SP} \times 100$$

Dónde:

I	=	Intensidad de muestreo
SM	=	Superficie de la muestra
SP	=	Superficie de la población
100	=	Constante

La intensidad de muestreo se basa en el objetivo del inventario forestal, el cual permite generar información confiable para facilitar la planificación del manejo a mediano y largo plazo de los recursos naturales (Palacios, 2016).

Instalación de parcelas y medición de variables

Luego de determinar la intensidad de muestreo se instaló parcelas temporales de 20 m x 50 m, distribuidas uniformemente sobre el área de estudio; en las cuales se censó todos los individuos de *Oenocarpus bataua*, mayores a 15 cm de DAP, considerando su altura total y comercial; estado fenológico: fructificación (Fr), floración (Fl), ninguno (N); regeneración natural (individuos < a 1,30 m de altura comercial) y; el número de individuos por ha. Considerándose a la regeneración natural el más importante en un plan de manejo como indicador directo de sostenibilidad a largo plazo (Ver figura 2).

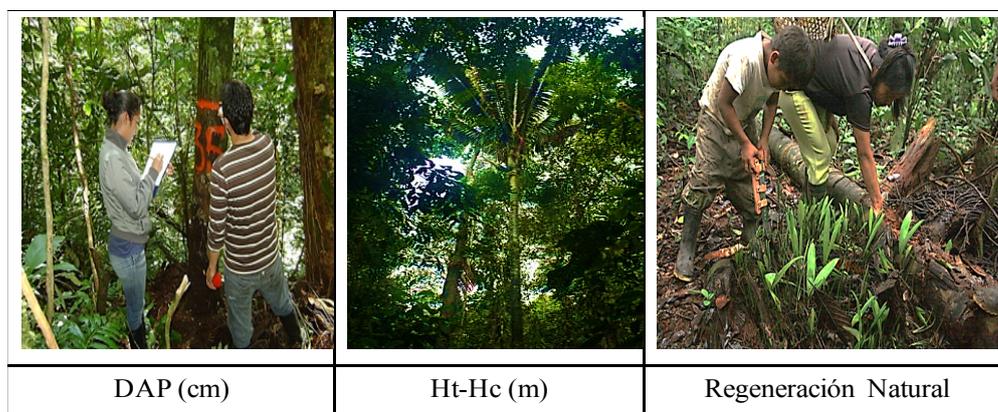


Figura 2. Medición de variables dasométricas de *Oenocarpus bataua*, en estado silvestre

Selección de individuos productores

Para la selección de individuos netamente productores se consideró que tengan características deseables como: fuste recto, frutos grandes, frutos sanos, maduros, frescos y, de un color vivo; a los mismo que se los identificó con la letras KP y un número, Ejemplo KP1, haciendo referencia a Kunkuk productor 1, con la finalidad de poder realizar anualmente un seguimiento de las palmas identificadas.

Pre-Aprovechamiento

Planeamiento de operaciones

En esta etapa, los productores de la comunidad planificaron los días o semanas que van a cosechar con el fin de que todos puedan hacer uso del equipo de cosecha (trepadora, bicicleta y malayo).

Trazado y construcción de caminos

Debido a la dificultad de acceso a la zona de aprovechamiento, se realizaron trochas no mayores a un metro de ancho, se construyeron puentes utilizando el estípite de *Mauritia flexuosa* (Achu) y otras maderas, de tal forma que evite lo menos posible daños a la cobertura vegetal del bosque en especial la regeneración natural, y a su vez permita sacar el producto cosechado al lugar de acopio.

Aprovechamiento

Con la finalidad de tener una producción de manera eficiente y controlada, buscando minimizar los costos y aplicar actividades de bajo impacto ambiental se elaboró un instrumento de planificación conocido como plan de aprovechamiento que permita extraer los frutos de *Oenocarpus bataua* (kunkuk) de una manera sostenible y con métodos no destructivos, llamados también buenas prácticas de recolección. Este plan se ajusta al principio básico de los ciclos naturales de producción que, a su vez, condicionan los calendarios productivos de la especie y su población.

Para la recolección de frutos, fue necesario de dos escaladores, y cinco recolectores, aunque esto siempre depende de la cantidad de kunkuk que se espera cosechar en cada salida, relacionado además a la producción anual, especialmente de los de meses mayor producción de frutos junio, julio y agosto (Ver figura 3).



Figura 3. Buenas prácticas de aprovechamiento de PFM en estado silvestre

Rendimiento y aprovechamiento de frutos de *Oenocarpus bataua* (Kunkuk)

Para determinar el rendimiento del fruto de *Oenocarpus bataua* (Kunkuk), se bajaron los racimos de cada individuo, luego se procedió a contabilizar el número de triadas y, frutos que tenía cada racimo (Ver figura 4).



Figura 4. Conteo y aprovechamiento de frutos de *Oenocarpus bataua*

Transporte y extracción de aceite

El fruto cosechado se lo transportó al hombro por los diferentes caminos que conducen al centro de acopio sea en saquillos o canastas (*chankin*), hechas de un bejuco propio de la zona. Se calculó el número de frutos que entran en un saquillo para luego pesarlos hasta que den 100 libras y darle la equivalencia de un quintal; también se consideró el número de quintales que entran en un m³ (Ver figura 5). Además se obtuvo la cantidad de aceite extraído por el método tradicional (Ver figura 6).



Figura 5. Centro de acopio, pesado y cubicación de la fruta de *Oenocarpus bataua*



Figura 6. Proceso de extracción tradicional de aceite de *Oenocarpus bataua* en la comunidad Chiriap

RESULTADOS

Regeneración natural

La regeneración natural de *Oenocarpus bataua* en el bosque natural de la comunidad Shuar Chiriap es alta, cuenta con un número de individuos de 1470 en 800 m², este dato se tomó en 8 parcelas al azar de 10 x 10 m². (Ver figura 7)

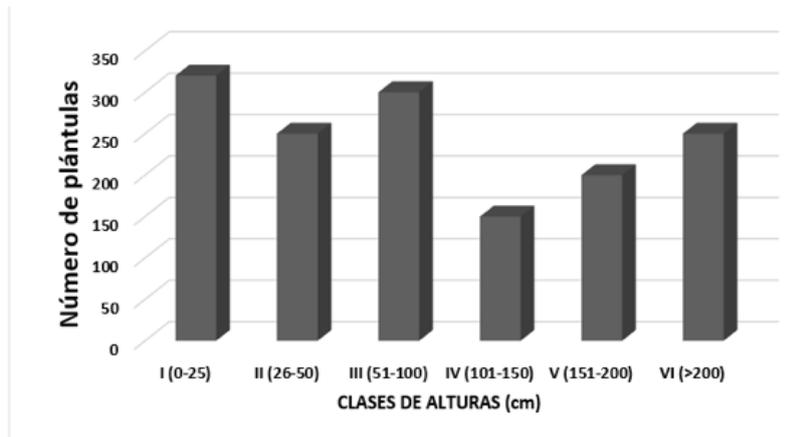


Figura 7. Número de plántulas encontradas por clase de alturas

Toda esta regeneración natural por lo general no logra desarrollarse completamente debido a que existe mucha diversidad de otras especies arbóreas las mismas que dificultan la entrada de luz y calor al sotobosque.

Individuos productores

Se identificaron en el área neta de estudio 500 individuos de palmas productoras las mismas que presentaron fuste recto, frutos grandes, gajos con abundantes frutos de buen color (Ver figura 8).

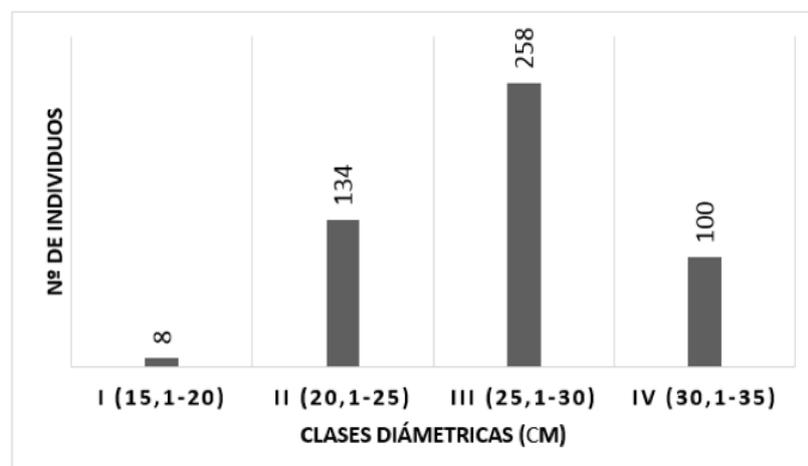


Figura 8. Número de individuos encontrados por clase diamétrica

En el diagrama se encuentran distribuidas las palmas productoras según la clase diamétrica (DAP), en este caso existen cuatro clases diamétricas con 500 individuos netamente productoras.

Altura Comercial (Hc m)

La altura comercial corresponde a la altura que se encontraba el primer racimo de frutos de *Oenocarpus bataua* (Ver figura 9)

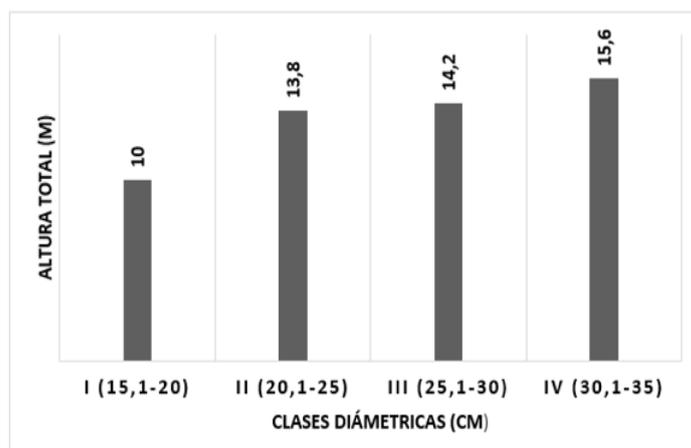


Figura 9. Alturas promedio encontradas por clase diamétrica

La altura promedio en cada clase diamétrica fue como se puede observar en la figura 9, esta proyección nos da la información a qué altura se encuentran los frutos de las palmas; facilitando el diseño de herramientas apropiadas para la cosecha.

Aprovechamiento.

En el aprovechamiento se consideró 25 palmas de *Oenocarpus bataua* de todas las clases diamétricas (Ver tabla 1).

Tabla 1. Rendimiento promedio de un racimo de fruta de *Oenocarpus bataua* en estado silvestre en la comunidad Shuar Chiriap.

Frutos de <i>Oenocarpus bataua</i>	Promedio/racimo
Numero de racimos/planta	1,00
Número de raquillas por racimo	80,00
Numero de frutos por raquilla	35,00
Numero de frutos por racimo	2744,00
Numero de frutos por quintal	3500,00
Numero de frutos por m ³	61775,00
Numero de quintales por m ³	17,65

Se puede indicar que la comunidad tiene un potencial de 28,3 m³, que corresponde al 100 % del total de individuos, con fines a sostenibilidad y conservación y cumpliendo el reglamento de la ley forestal, se consideró aprovechar el 40 % que corresponde a 11,32 m³.

Extracción de aceite

En 300 ha de bosque natural, se obtuvo en promedio 392 litros de aceite correspondiente al total de individuos (500) de *Oenocarpus bataua* identificados como productores como se indica la tabla 2.

Tabla 2. Rendimiento promedio de aceite de *Oenocarpus bataua*.

Unidad	Litros de aceite
500 palmas (100 %)	392,00
200 palmas (40 %)	156,80
1 racimo	0,78
1 Quintal (100 libras) de fruta	1,00
156,8 Quintales (15680 libras)	156,80
17,65 Quintales (1m ³) de fruta	17,65
8,88 m ³	156,80

También se puede observar el 40 % de palmas corresponde a 156,80 litros de aceite; así como un racimo tiene 0,78 litros, un quintal equivale a 1 litro de aceite. En el año la cantidad de frutos es equivalente a 8,88 m³, siendo su potencial productivo de 156,80 l/año.

DISCUSIÓN

La regeneración natural registro una gran población de *Oenocarpus bataua*, presentando un promedio de 1740 individuos en 800 m², sin embargo no toda esta población llega a formar parte de la composición y estructura final del bosque natural, debido a que la sobrepoblación de la misma hace que exista una competencia natural de sobrevivencia, donde las plántulas más fuertes de *Oenocarpus bataua* sobreviven, Lamprecht (1990) manifiesta que otro factor limitante de *Oenocarpus bataua* es la luz, considerando que se trata de una especie heliófita, su regeneración natural queda en desventaja frente a la vegetación de mayor altura; Logman y Jenik (1974) menciona que la regeneración natural de *Oenocarpus bataua* se produce en una fase de luz y una fase intermedia de sombra.

Se encontró 166 individuos jóvenes y adultos con características productivas de la especie *Oenocarpus bataua* ha⁻¹, distribuidas en cuatro clases diamétricas con DAP_{1,30m} ≥ 15 cm, (15 a 20); (20,1 a 25); (25,1 a 30); (30,1 a 35). Alvarado (2013), en un estudio similar registró 187 palmas ha⁻¹. Cifuentes *et al.*, (2010) registro 278 palmas ha⁻¹, en los bosques inundables del chocó de Colombia. Las variaciones de la estructura poblacional a partir de estos estudios, pueden ser causadas por disturbios o cosechas mal llevadas. Según CI (2007) concluyo que las áreas con menor presión de cosecha de frutos de *Oenocarpus bataua*, tenían mayor proporción de individuos

reproductivos; por otra parte [Peralta \(2008\)](#) determinó un patrón similar en un bosque amazónico de Riberalta, donde la explotación selectiva de individuos reproductivos, tenía un efecto desestabilizador, reduciendo la cantidad de estos de todas las categorías de edad reproductivas.

Además se puede apreciar que la mayor cantidad de palmas se encuentran en la clase diamétrica II y III, esto indica que la especie mantiene una dinámica equilibrada y no presenta amenazas de sobre explotación, según [Lamprecht \(1990\)](#), lo ideal es que la representación gráfica tenga forma de una “J” invertida, esto significa que la tasa de regeneración natural es saludable y por consiguiente la población podrá sostenerse en el tiempo.

Con respecto a la altura comercial se llegó a determinar que el primer racimo de frutos está en un rango de 10 a 16 metros de altura llegando en algunos casos hasta los 20 metros, dificultando su aprovechamiento. Según estudios realizados por la [Fundación Chankuap \(2010\)](#), manifiesta que el uso de una herramienta o equipo forestal está en función de la altura comercial, ya que si la altura no pasa de los 10 metros se puede aprovechar con malayo o manualmente subiéndose a la palma, pero si sobrepasa los 10 metros se puede utilizar una equipo llamado bicicleta o una trepadora.

El aprovechamiento de frutos de *Oenocarpus bataua* se lo realizó por el método no destructivo, como promedio productivo fue 1 racimo palma⁻¹, con un peso aproximado de 35,6 kilos, con 2 744 frutos entre tiernos, maduros y viejos; estos datos son superiores a estudios realizados por [Ocampo et al., \(2013\)](#) donde reporta como promedio 2 racimos palma⁻¹, con peso de 22,5 kilos, por otra parte [Valencia et al., \(2013\)](#), menciona que si se maneja la palma de manera sustentable la producción de los frutos es normalmente generosa dando 5730 frutos por palma. Sin embargo [Borgtoft y Balslev \(1993\)](#) reportan que un racimo en tierras bajas de la Amazonía puede llegar a pesar entre 5,5 a 115 kilogramos.

La extracción de aceite en este estudio tuvo un promedio de 1 litro de aceite por 100 libras (45,4 kilos) de fruto con un equivalente de 1,2 palmas; es decir se tendría 2,2 % por cada 100 libras y por palma 1,82 %, estos porcentajes son inferiores a lo indicado por [Ocampo \(2013\)](#) donde relaciona 28 kilos de fruta igual a 2,5 litros de aceite. Por otra parte la cantidad de aceite extraído en este estudio concuerda con lo reportado por [Borgtoft y Balslev \(1993\)](#), donde sustentan que el mesocarpio ocupa alrededor del 40 % del total del peso del fruto, y el contenido de aceite varía entre 12 a 18,2 % lo que da una producción anual de aceite entre de 0,3 a 8,4 kilogramos por palma.

CONCLUSIONES

Oenocarpus bataua Mart, es una palma que se desarrolla en las tierras bajas de la Amazonía, cumple funciones ecosistémicas únicas en su hábitat natural. Se trata de una especie heliófila que crece de forma agrupada en colinas, sirve de alimento para la fauna y principalmente para moradores de la comunidad Chiriap.

La palma de *Oenocarpus bataua* Mart, oscila en diámetros máximos de 45 cm de DAP 1,30m y alturas máximas hasta 30 metros, su estado de conservación es muy bueno, debido a que existe una insignificante reducción de individuos efectuadas por el extractivismo que existe en la zona.

La cosecha de la palma de *Oenocarpus bataua* Mart, en la comunidad Chiriap se la realizó a través de un plan de manejo de la especie, el cual indica que solo el 40 % (200 palmas) serán aprovechadas con fines comerciales y el otro 60 % quedará con fines de conservación y uso interno de la comunidad, garantizando la sostenibilidad de la especie.

Contribución por autor

Byron Gonzalo Palacios Herrera: Formulación de la investigación, trabajo de campo, elaboración de mapas, inventario forestal, análisis de datos, discusión con soporte de literatura y estructuración del manuscrito bajo lineamientos de la revista. Dalton Pardo: análisis integral de los datos, discusión con soporte de literatura y edición del manuscrito bajo lineamientos de la revista. Adriana Sosa: Formulación y dirección del proyecto, planificación de actividades de campo con comunidades.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Chankuap recursos para el futuro, a los ingenieros Andrea Velepucha y Daniel Peralta y un agradecimiento muy especial e incondicional a todos los moradores de la comunidad Shuar Chiriap.

BIBLIOGRAFÍA

- Cifuentes L, Moreno F, Arango DA. (2010). Fenología reproductiva y productividad de *Oenocarpus bataua* (Mart.) en bosques inundables del Chocó Biogeográfico, Colombia. *Biota Neotrop.* 2010; 10(4):101-110.
- Conservación Internacional. (2006). CI. Informe Final. Lineamientos básicos para el aprovechamiento comercial sostenible del majo en la comunidad originaria indígena Leco “Irimo” del Municipio de Apolo, provincia Franz Tamayo. Conservación Internacional-Bolivia, La Paz.
- Henderson, A; Bernal, R. 1995. . New Jersey. EE.UU. 1995.
- HLPE. (2017). Una actividad forestal sostenible en favor de la seguridad alimentaria y la nutrición. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma.
- Holdridge, L. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Leslie, R. Holdridge. Quinta reimpresión.-San Jose, C.R.: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 1996, c1978.
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los Trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenible*. Trad. del Antonio Carrillo. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Rossdorf: TZ-Verl. Ges. 1990.
- Longman, K. A; Jenik, J. (1974). Tropical forest and its environment. *Tropical Ecology Series*, Thetford, Norfolk.
- MAE. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2014). *Protocolo Mapa de Cobertura y uso de la Tierra del Ecuador Continental, 2013-2014*. Escala 1:100.000. Quito. Ecuador.
- Ocampo, A; Fernández, A; Castro, F. (2013). Aceite de la palma de seje *Oenocarpus bataua* Mart; por su calidad nutricional puede contribuir a la conservación y uso sostenible de los bosques de galería en la Orinoquia Colombiana.
- Palacios, B. (2009). Plan de Manejo de la palmera unguurahua, (*Oenocarpus bataua*) en la comunidad Chiriap de la provincia de Morona Santiago.
- Palacios, et al. (2016). *Riqueza, estructura y diversidad arbórea del bosque montano bajo, Zamora Chinchipe – Ecuador*. Loja
- Valencia, R; Montufar R; Navarrete, H; Balslev, H. (2013). *PALMAS ECUATORIANAS: Biología y uso sostenible*. Quito. Ecuador

Diversidad de plantas, estructura de la comunidad y biomasa aérea en un páramo del sur del Ecuador

Plant diversity, community structure, and aerial biomass in a paramo ecosystem of Southern Ecuador

Urgiles Narcisa¹
Cofre Daniel²
Loján Paúl¹
Maita Juan¹
Alvarez Pablo¹
Báez Selele⁴
Tamargo Eva⁵
Eguiguren Paúl¹
Ojeda-Luna Tatiana¹
Aguirre Nikolay^{1,6}

¹ Programa de Investigación Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

² Carrera de Ingeniería Forestal. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

³ Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador

⁴ Departamento de Biología. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

⁵ Universidad Tecnológica Indoamerica, Quito, Ecuador.

⁶ Director de Investigaciones. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

*Autor para correspondencia: narcisa.urgiles@unl.edu.ec

RECIBIDO: 25/03/2018

APROBADO: 12/06/2018

RESUMEN

El monitoreo a largo plazo en ecosistemas de alta montaña es clave para entender el impacto del cambio ambiental global en la biodiversidad. El estudio se enfocó en analizar la diversidad florística existente y en determinar el contenido de biomasa vegetal dentro del ecosistema páramo en el sector Cajanuma en el Parque Nacional Podocarpus, Loja, Ecuador; con la finalidad de generar una línea base para monitoreo a largo plazo de la biodiversidad y funcionamiento ecosistémico. El área de monitoreo implementada comprendió una superficie de 1 260 m², dentro de la cual se establecieron 30 parcelas permanentes de 1 m² en las cuales se determinó la composición, la estructura florística y el contenido de biomasa aérea. Se registraron 1 367 individuos pertenecientes a 66 especies, 49 géneros y 32 familias taxonómicas. Las familias más diversas fueron Asteraceae y Ericaceae, mientras que las especies con mayor frecuencia y número de individuos por hectárea fueron: *Tillandsia aequatorialis* con 47 000, *Thelypteris euthythrux* con 31 000, y *Blechnum cordatum* con 19 667. Se estimó una biomasa aérea promedio de 14,76 t ha⁻¹, en donde 9,35 t ha⁻¹ correspondieron a la biomasa viva, y 5,42 t ha⁻¹ a la necromasa. Los resultados del presente trabajo servirán para evaluar posibles cambios en la biodiversidad y estructura de las comunidades de plantas vasculares del ecosistema alto andino relacionados con cambio ambiental global.

Palabras clave: cambio ambiental global, biomasa aérea, monitoreo de la biodiversidad, parcelas permanentes, Parque Nacional Podocarpus.

ABSTRACT

Long-term monitoring of high mountain ecosystems is a key element to understand the impact of global environmental change on biodiversity and ecosystem functioning. Our research explored the floristic diversity and plant aerial biomass content in the paramo ecosystem in Cajanuma at the Podocarpus National Park, Loja, Ecuador. The aim of our study was to create baseline information for subsequent monitoring. The monitoring area occupied 1 260 m², where 30 permanent plots of 1 m² were established. The floristic composition, structure and aerial biomass (dry weight) were determined. The individuals were classified within 66 species belonging to 49 genera and 32 families. The most diverse families were Asteraceae and Ericaceae, while the most frequent species were *Tillandsia aequatorialis* with 47 000, *Thelypteris euthytrix* with 31 000, and *Blechnum cordatum* with 19 667 individuals. We estimated an aerial biomass of 14.76 t ha⁻¹; where 9.35 t ha⁻¹ accounted for alive biomass and 5.42 t ha⁻¹ for necromass. This information will be useful to evaluate future changes in vascular-plant communities and productivity in high Andean mountain ecosystems due to factors associated to global environmental change.

Keywords: climate change, biomass carbon, biodiversity monitoring, permanent plots, Podocarpus National Park.

INTRODUCCIÓN

Amenazas como la variabilidad en los patrones climáticos (Bagley *et al.*, 2014), la pérdida de hábitat, la alteración de procesos biogeoquímicos (Haddad *et al.*, 2015), entre otros, están afectando negativamente los ecosistemas naturales y su biodiversidad asociada (Bellard *et al.*, 2012, Báez & Homeier 2018, Foster 2001; Pearson 2006; Colwell *et al.*, 2008; Thuiller *et al.* 2008; Glick *et al.* 2011; Furniss *et al.*, 2013; Thornton *et al.*, 2014). Esto provoca alteraciones en los patrones fenológicos (Zavaleta *et al.*, 2003) y en la fisiología de las especies (Sierra-Almeida y Cavieres, 2010); así como, cambios en los patrones de distribución (Araújo y Rahbek, 2006; Feeley y Silman, 2010; Gottfried *et al.*, 2012; Thuiller *et al.*, 2008), e incrementos en las tasas de extinción local (Dullinger *et al.*, 2012; Pauli *et al.*, 2007; Pounds *et al.*, 2006). Las especies más afectadas debido a una mayor contracción de su nicho climático son las plantas vasculares y las aves de rango altitudinal restringido localizadas en las partes más elevadas de los Andes (Ramirez-Villegas *et al.*, 2014, Báez *et al.* 2016). No obstante, el grado de afectación de las especies dependerá en gran medida de sus características morfológicas (Broennimann *et al.*, 2006).

El páramo es un ecosistema natural situado entre el límite continuo del bosque montano y las nieves perpetuas (Llambí, 2012). En el Ecuador los páramos cubren el 5% del territorio nacional, de ellos dependen directa o indirectamente varios millones de personas (Hofstede *et al.*, 2014; Hofstede *et al.*, 2002). En el sur del Ecuador el páramo se encuentra en mejor estado de conservación comparado con el resto del país; sin embargo, la incidencia del cambio ambiental global, incluyendo cambio en el uso de la tierra, cambios en el clima y cambios en la deposición de nutrientes, minería y plantaciones con especies forestales exóticas inciden negativamente en su conservación (Castillo *et al.*, 2008; Mena y Hofstede, 2006; Mena *et al.*, 2009).

Los páramos del Parque Nacional Podocarpus (PNP) tienen fisonomía diferente a los del

norte del país (Alulima y Cajamarca, 2013; Guzmán y Salinas, 2010). Se consideran ecosistemas estratégicos por los servicios ecosistémicos que prestan, incluyendo provisión de agua, y fijación de carbono (Cunalata *et al.*, 2013; Hofstede y Mena, 2000). Son importantes también por el endemismo existente, riqueza biológica, regulación del microclima, y generación de fuentes de empleo como el ecoturismo (Buytaert *et al.*, 2010; Lozano *et al.*, 2004; Mena y Ortiz, 2001; Podwojewski, 1999). Son ecosistemas frágiles, por ello, los estudios que generen información sobre el estado de conservación de los mismos son importantes.

Bajo esta perspectiva, el desarrollo de ésta investigación permite obtener información concreta para fortalecer las redes globales de monitoreo ecológico. La presente investigación forma parte del Proyecto "Monitoreo a Largo Plazo del Cambio Climático en la Biodiversidad" (MIC-CAMBIO) de ecosistemas de Páramo del PNP el cual es parte de los proyectos "Global de los Ambientes Alpinos" (GLORIA) y "Nutrient Network, que buscan generar información que fundamente el entendimiento del cambio climático y su impacto en la biodiversidad de estos ecosistemas (Aguirre *et al.*, 2015). Así, en el presente trabajo se generó información sobre la diversidad florística y el contenido de biomasa vegetal aérea (plantas vasculares y briófitos) y necromasa del ecosistema páramo de Cajanuma del PNP, para el monitoreo a mediano y largo plazo de las comunidades vegetales y estudios de cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló en el ecosistema "Arbustal Siempreverde y Herbazal del Páramo", más conocido como "páramo" (MAE, 2012). El área de monitoreo está localizada en Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus (PNP), entre los límites de las provincias de Loja y Zamora Chinchipe (Moreno y Quinde, 2017). El PNP tiene un área 144 994 ha de las cuales el páramo representa 11 637 ha (8 %), distribuido en un rango altitudinal entre los 2 800 y 3 800 m s.n.m. Este ecosistema se caracteriza por ser una confluencia entre los ecosistemas arbustal siempreverde, herbazal del páramo que comprende una fisionomía arbustiva y herbácea. Las especies características de estos ecosistemas son: *Calamagrostis intermedia*, especies de los géneros *Bacharis*, *Gynoxys*, *Diplostephium*, *Hypericum*, *Pentacalia*, entre otros (MAE, 2012). Además, es catalogado como una zona de alta diversidad y endemismo (Richter, Beck, Rollenbeck, y Bendix, 2013, Eguiguren y Ojeda, 2009, Keating, 2008, Lozano *et al.*, 2004). Las parcelas de monitoreo se ubicaron a una altitud de 3 200 m s.n.m. (-79.16° longitud Este y -4.11° latitud Sur) (Figura 1). Esta zona se caracteriza por una temperatura media anual de 11°C, una precipitación media anual de 1 660 mm (Karger *et al.*, 2016), y por tener topografía accidentada con pendientes que van desde los 0 a 68 grados (Moreno y Quinde, 2017).

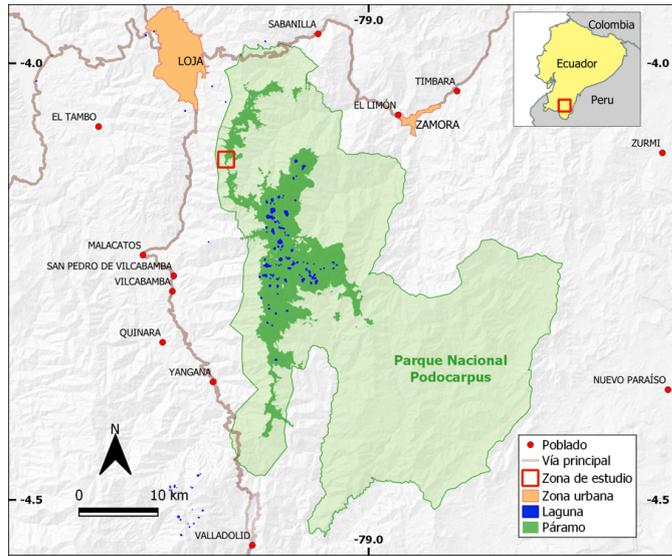


Figura 1. Ubicación de zona de estudio con respecto al ecosistema páramo del PNP.

Diseño de muestreo

En el diseño del muestreo se consideró el protocolo de monitoreo de biodiversidad, productividad y experimentación en ecosistemas herbáceos del Nutrient Network (www.nutnet.umn.edu) El área de monitoreo consta de tres bloques de 420 m² (35 x 12 m). Cada uno de ellos conformado de 10 unidades experimentales de 36 m² (6 x 6 m), organizadas en dos columnas y cinco filas. Cada unidad experimental fue dividida en cuatro sub-unidades de 9 m² (3 x 3 m), las cuales se nombraron con las letras A, B, C, y D (Figura 2). Finalmente, mediante un diseño aleatorio en bloques se seleccionó una de las cuatro sub-unidades, la cual fue dividida en cuatro cuadrantes de 1 m² (1 x 1 m), en dos de los cuales se realizó el inventario florístico y la estimación de los contenidos de biomasa vegetal.

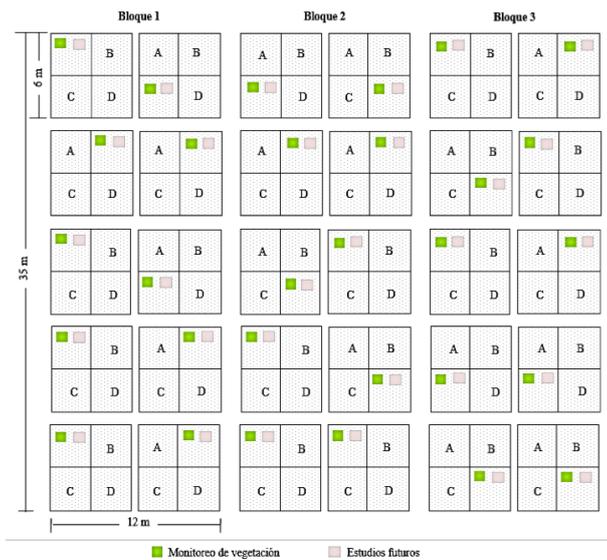


Figura 2. Diseño experimental de bloques al azar, para el monitoreo a largo plazo de las comunidades vegetales en el páramo arbustivo de Cajanuma.

Composición florística y parámetros ecológicos

El muestreo de la cobertura vegetal se realizó en uno de los cuatro cuadrantes de 1 m², donde se determinaron la composición y estructura vegetal. Para esto se registró el porcentaje de cobertura de cada especie, con un marco de 1 m² (1 x 1 m) dividido en 100 celdillas de 0,01 m² (0,1 x 0,1 m) donde cada celdilla representa el 1 %. En aquellos casos en que la planta fue demasiado pequeña el porcentaje de cobertura se proyectó directamente a la unidad. La presencia de diferentes estratos de vegetación resultó en coberturas mayores a 100 %.

Adicionalmente se determinó la densidad absoluta (D), densidad relativa (DR), frecuencia relativa (FR) y el índice de valor de importancia (IVI) para cada una de las especies registradas dentro del área de monitoreo con el objetivo de conocer la composición y estructura de las comunidades vegetales. La diversidad vegetal se estimó usando el índice de diversidad de Shannon.

Tabla 1. Ecuaciones para la determinación de parámetros ecológicos en el ecosistema páramo.

Parámetro	Ecuación
Densidad Absoluta (D)	$D = \frac{\text{Nro. de individuos por especie}}{\text{Total del área muestreada}}$
Densidad Relativa (DR)	$D = \frac{\text{Nro. de individuos por especie}}{\text{Nro. total de individuos}}$
Frecuencia relativa (FR).	$FR = \frac{\text{Nro. de parcelas con presencia de la especie}}{\Sigma \text{ de las frecuencias de todas las especies}} \times 100$
Índice de Valor de Importancia (IVI)	$IVI = \frac{DR + FR}{2}$
Índice de diversidad de Shannon	$H' \sum p_i \ln p_i$

Donde: p_i es el número de individuos de cada especie dividido para el número total de individuos de cada parcela.

Fuente: (Magurran 1988; Aguirre, 2015).

Biomasa vegetal

La biomasa (aérea) y necromasa fue estimada con el método directo o destructivo que consistió en colectar toda la biomasa al ras del piso, se recolectó muestras solo en un cuadrante de los tres destinados de biomasa. En este se establecieron cuatro franjas horizontales de 0,01 m² (0,1 x 0,1 m), realizando el muestreo solo en las franjas externas derecha e izquierda del cuadrante. Las esquinas de las franjas se marcaron permanentemente con tubos de PVC pintados de color rojo, para evitar futuros muestreos en ese lugar del cuadrante. Finalmente, la biomasa colectada se almacenó en bolsas plásticas y fueron transportadas al laboratorio donde se separaron en biomasa aérea de plantas vasculares y briófitos (biomasa fresca), y necromasa (biomasa muerta). Para la obtención del peso seco se colocaron las muestras en una estufa a una temperatura de 80°C durante 48 horas; para luego ser pesadas en una balanza digital.

Los datos obtenidos en los cuadrantes de muestreo de biomasa vegetal, fueron promediados tanto para la biomasa aérea (plantas vasculares y briófitos), como para la necromasa. Adicionalmente, se determinó la contribución individual de cada componente que integra la biomasa aérea, es decir plantas vasculares y briófitos.

RESULTADOS

Composición florística y parámetros ecológicos

Se registraron 1 367 individuos pertenecientes a 66 especies, 49 géneros y 32 familias. En el bloque 1 se registraron 514 individuos repartidos en 24 familias, 36 géneros y 46 especies. En el bloque 2 se registraron 315 individuos repartidos en 21 familias, 32 géneros y 41 especies. Finalmente, en el bloque 3 se registraron 538 individuos repartidos en 23 familias, 35 géneros y 45 especies.

Las especies con mayor número de individuos fueron: *Tillandsia aequatorialis* con 141 individuos en 30 m² y 47 000 ind/ha, seguida por *Hypericum lancioides* y *Vaccinium floribundum*. Las ocho especies más representativas en base a su frecuencia (Figura 3a) cubren el 55,7 % del total de la superficie muestreada.

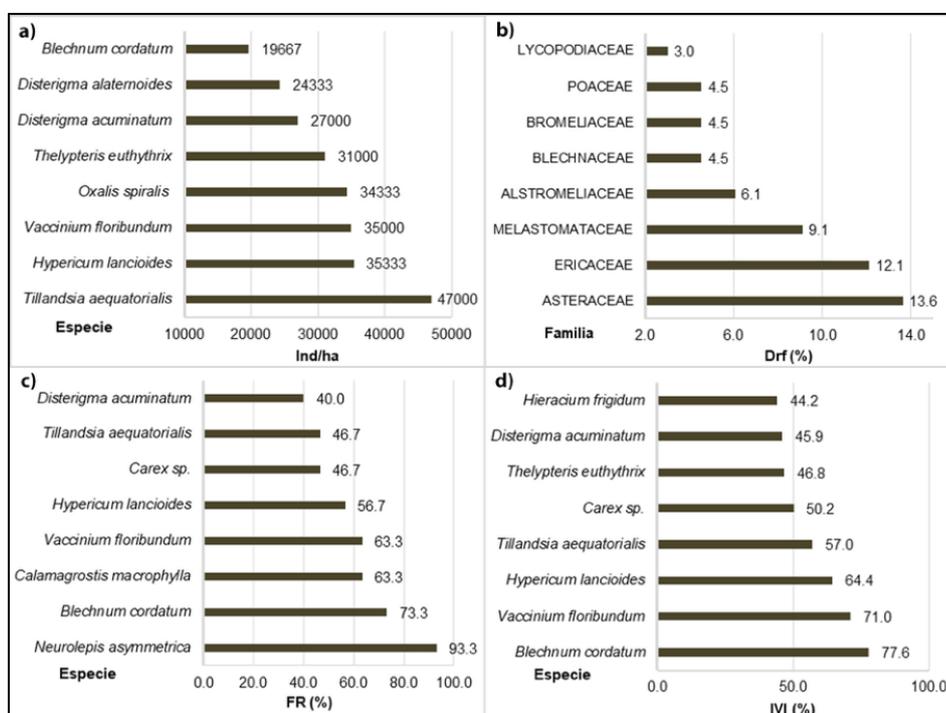


Figura 3. a) Densidad absoluta de las ocho especies con mayor número de ind/ha. b) Densidad relativa de las ocho familias con mayor número de especies. c) Frecuencia relativa de las ocho especies con mayor registro en el área de muestreo. d) Índice de valor de importancia de las especies más representativas registradas en el páramo arbustivo.

De las 32 familias vegetales encontradas en la zona de estudio las que presentaron el mayor número de especies fueron Asteraceae con nueve especies (14 %) y con menor diversidad relativa la familia Lycopodiaceae (3 %) (Figura 3b).

En lo referente a la frecuencia relativa (FR) observamos que las especies más frecuentes registradas fueron *Neurolepis asymmetrica* con un 93 % misma que fue registrada en 28 de las 30 subunidades de muestreo de 1 m², *Hypericum lancioides* con 57 % registrada en 17 subunidades, finalmente *Disterigma acuminatum* con un porcentaje de frecuencia del 40 % por estar presente en 12 subunidades (Figura 3c).

Las especies ecológicamente más dominantes como *Blechnum cordatum*, *Vaccinium floribundum*, *Hypericum lancioides*, *Tillandsia aequatorialis*, *Carex* sp., (Figura 3d) entre otras, son las más conspicuas, lo que es evidente no solo en los cuadrantes de muestreo, sino en todo el sitio de monitoreo y experimentación del PNP. El índice de diversidad de Shannon & Weaver generalmente está entre valores de 1,5 a 3,5 (Margalef 1972, Magurran 1988); para nuestra área de estudio este valor fue de 3,41; lo cual indicaría una diversidad alta en el ecosistema páramo del PNP.

Las plantas vasculares registran un porcentaje de cobertura del 79 %, destacando entre las especies con mayor cobertura *Neurolepis asymmetrica*, *Tillandsia aequatorialis* e *Hypericum lancioides* (Figura 4a), lo que destaca la riqueza florística del páramo de Cajanuma y la presencia de diferentes estratos que permiten que casi toda la superficie del suelo se encuentre cubierta por algún tipo de vegetación. El porcentaje de cobertura de la categoría briófitos cubiertos por plantas vasculares es de 31 %, seguido de la categoría líquenes que alcanza 3 % y finalmente se encuentra la categoría de suelo desnudo con solo el 1 % (Figura 4b).

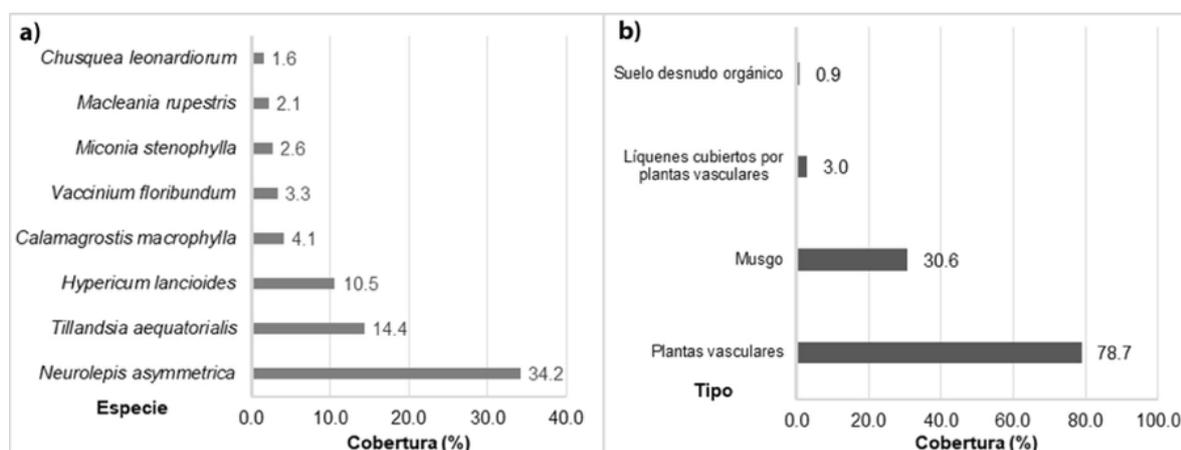


Figura 4. a) Porcentaje de cobertura registrada por cada tipo de estrato b) Porcentaje de cobertura de ocho especies de flora más representativa en el páramo arbustivo.

Biomasa

Los páramos del PNP almacenan en promedio $14,76 \text{ t ha}^{-1}$ de biomasa vegetal; la biomasa aérea es la categoría de mayor aportación con $9,35 \text{ t ha}^{-1}$ (63 %), mientras que la necromasa aporta $5,42 \text{ t ha}^{-1}$ (34 %) (Figura 5a).

La aportación individual de las plantas vasculares al contenido total de biomasa aérea es de $4,96 \text{ t ha}^{-1}$ (53 %), mientras que los briófitos aportan $4,39 \text{ t ha}^{-1}$ (47 %) (Figura 5b). Ello indica que los briófitos en relación a las plantas vasculares, representan un importante componente en la contribución de biomasa aérea en el páramo del PNP.

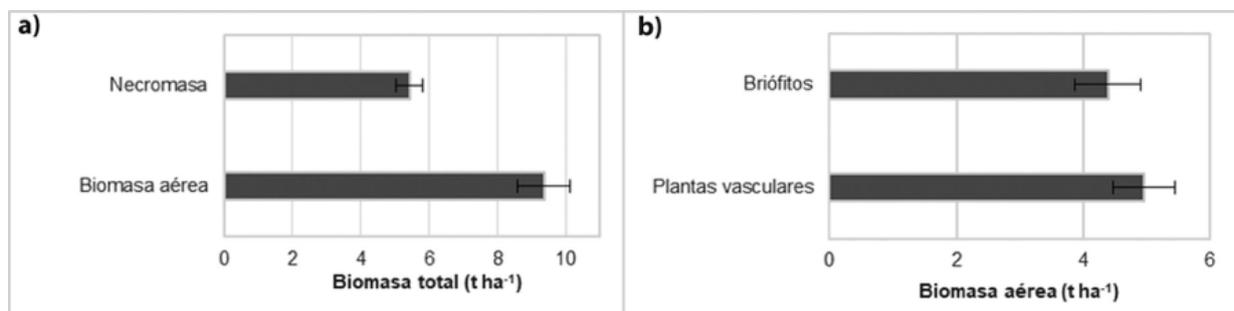


Figura 5. Valores medios de biomasa aérea en relación a los componentes plantas vasculares y briófitos. a) Valores medios y error estándar (n=30) de biomasa almacenada en el páramo. b) Valores medios (t ha⁻¹) y error estándar de biomasa aérea almacenada en las plantas vasculares y briófitos en el páramo arbustivo.

DISCUSIÓN

Composición florística

Las familias con mayor número de especies en el sitio de monitoreo: Asteraceae, Ericaceae, Bromeliaceae, Poaceae y Melastomataceae son las que caracterizan a los páramos húmedos y poco intervenidos del sur de Ecuador (Alulima y Cajamarca, 2013; Eguiguren y Ojeda, 2009; Izco *et al.*, 2007); aspecto que los hace diferentes a los páramos del norte, dominados por gramíneas en forma de penachos, almohadillas o frailejones (Aguirre *et al.*, 2002; Becking, 2004, MAE 2012).

La especie *Tillandsia aequatorialis* (bromelia) cuyo hábito de crecimiento es el herbáceo representa una de las especies más abundantes (Figura 3a), lo que concuerda con un estudio realizado por Alulima y Cajamarca (2013), quienes han evidenciado una tendencia de incremento de especies herbáceas a partir de 3 270 msnm. De la misma manera Mazzola *et al.*, (2008), manifiestan que a medida que aumenta el gradiente altitudinal, incrementa la abundancia de hierbas y disminuyen los arbustos quedando en las posiciones más elevadas pocos individuos y de manera aislada. Sin embargo, es preciso señalar que además de las hierbas es evidente la abundancia de especies arbustivas como es el caso de *Hypericum lanciolides*, *Disterigma acuminata*, esto puede deberse a que el sitio de monitoreo y experimentación del PNP se encuentra ubicado en una zona de transición (ecotono) entre el bosque andino y el páramo. Este sitio es de fundamental importancia para evaluar los efectos del cambio climático, ya que un posible cambio en el límite de cobertura podría influir en la adaptación o extinción de las especies a mayores altitudes (Kazakis *et al.*, 2007).

Las especies más frecuentes en el área de estudio pertenecen a las familias: Poaceae, Blechnaceae, Ericaceae, Bromeliaceae y Clusiaceae (Figura 3b). Ello concuerda con un estudio realizado por Eguiguren y Ojeda (2009), quienes además indican que las especies pertenecientes a estas familias pueden ser encontradas en más del 50 % de la superficie muestreada. Según Mostacedo y Fredericksen (2000), esto se debe principalmente al patrón de distribución de las especies y al número de individuos.

En lo referente a las plantas vasculares estas representan el mayor porcentaje de cobertura, con valores superiores al 70 %. Esto es corroborado por Alulima y Cajamarca (2013); y, Eguiguren y Ojeda, (2009), quienes manifiestan que el elevado porcentaje de cobertura de las plantas vascu-

lares representa la riqueza florística de los páramos en el sur del Ecuador, sumado a la presencia de diferentes estratos que hacen que casi toda la superficie se encuentre cubierta por algún tipo de vegetación. Los briófitos cubren gran porcentaje de la superficie (30 %), razón por la cual [Richter y Moreira-Muñoz \(2005\)](#) los consideran fitoindicadores en la variación de patrones hídricos y/o térmicos respecto a los impactos del cambio climático. Finalmente, los bajos porcentajes de cobertura de suelo desnudo (1 %) indican que se trata de ecosistemas con poca o sin intervención antrópica ([Vargas et al., 2000](#)). En relación a las especies más dominantes en términos de cobertura, *Neurolepis asymmetrica*, *Tillandsia aequatorialis*, *Hypericum lancioides*, *Calamagrostis macrophylla*, *Vaccinium floribundum* y *Miconia stenophylla* son las más conspicuas, lo que es evidente no solo en los cuadrantes de muestreo, sino en todo el sitio de monitoreo y experimentación del PNP.

Estimación de biomasa

Los páramos del PNP evaluados almacenan en promedio 14,76 t ha⁻¹ de biomasa aérea (plantas vasculares y briófitos) y necromasa. Este valor es corroborado por [Santín y Vidal \(2012\)](#) y [Albán y Granda \(2013\)](#), quienes documentaron en promedio 12,5 t ha⁻¹ y 19,6 t ha⁻¹ respectivamente. El aporte al contenido total de biomasa, es mayor para el caso de la biomasa aérea frente a la necromasa; no obstante, este resultado difiere al obtenido en los páramos del norte, donde [Albán y Granda \(2013\)](#) registraron para el caso de la biomasa aérea un aporte igual a 6,55 t ha⁻¹ y de 13 t ha⁻¹ de necromasa. Una posible explicación para este hecho es la diversidad florística y formas de vida de las especies ([Ayala et al., 2017](#); [Santín y Vidal, 2012](#)). En la vegetación arbustiva de los páramos del sur, existe dominancia de especies leñosas y de lento crecimiento, cuyas hojas son pequeñas y coriáceas, existe mayor latencia en los tejidos y por ende mayor concentración de biomasa aérea ([Guhl, 1982](#); [Llambí, 2012](#)). Mientras que en los páramos del norte predominan las gramíneas (Poaceae) que cubren el suelo casi por completo, constituyendo la necromasa el 80 % siendo considerablemente mayor a la biomasa vegetal aérea ([Hofstede et al., 1998](#)).

Respecto al componente biomasa aérea, cuyo aporte al contenido total de biomasa es de 9,35 t ha⁻¹, el mismo que fue clasificado en las subcategorías plantas vasculares y briófitos, indica una contribución de 4,96 y 4,39 t ha⁻¹ respectivamente. Ello indica que los briófitos representan un importante componente en la contribución de biomasa aérea en el ecosistema páramo. La riqueza de briófitos y por ende el aporte a la producción de biomasa y al almacenamiento de carbono ha sido también reportado en estudios similares ([Álvaro et al., 2007](#), [Cevallos, 2013](#)).

CONCLUSIONES

La riqueza florística reportada en el presente estudio contiene una muestra representativa de la diversidad vegetal de los páramos del PNP, misma que está integrada por 66 especies, repartidas en 49 géneros y 32 familias, las cuales se registraron en un área de muestreo de 30 m², lo que demuestra la elevada diversidad de este ecosistema.

El valor medio de peso seco por hectárea de biomasa vegetal fue 14,76 t ha⁻¹; donde, la biomasa aérea es la categoría con mayor aportación con 9,35 t ha⁻¹ (63,3 %), mientras que la necromasa aportó 5,42 t ha⁻¹ (36,7 %).

La categoría biomasa aérea fue clasificada en las subcategorías plantas vasculares y briófitos; donde las plantas vasculares aportan 4,96 t ha⁻¹ (53 %) y los briófitos 4,39 t ha⁻¹ (47 %); que

indica que las plantas vasculares al igual que los briófitos, representan componentes importantes en la contribución de biomasa aérea.

La producción de biomasa aérea y necromasa en los páramos del sur, es diferente a la del norte del país; ya que para nuestro caso se registra mayor concentración de biomasa aérea, mientras que en el norte se registra mayor producción de necromasa, lo cual es atribuido a las diferencias en diversidad florística y formas de vida de las especies.

Contribución de autores

Urgiles Narcisca es la responsable principal de la redacción del documento y conceptualización del tema. Cofre Daniel es autor de la tesis “Composición florística, estructura y estimación de la biomasa vegetal de los páramos de Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus”, ejecutada como parte del proyecto de investigación “Evaluación de potenciales impactos en la biodiversidad y servicios ecosistémicos: respuestas locales a cambios globales en el Sur del Ecuador” financiado por la UNL, Tamargo Eva y Maita Juan instalaron las parcelas de monitoreo, recolectaron datos de campo, determinaron datos en laboratorio y redacción y revisión del documento; Loján Paúl colaboró en la redacción del documento, Alvarez Pablo participó en el análisis de los datos, presentación de resultados y discusión. Báez Selene colaboró en el diseño metodológico para la implementación de las parcelas y dió asesoría científica. Eguiguren Paúl y Ojeda-Luna Tatiana participaron en la revisión y edición del documento. Aguirre Nikolay participó en el diseño metodológico, asesoría científico-técnica y en la revisión y elaboración del documento.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, N., Eguiguren, P., Maita, J., Coronel, V., Samaniego, N., Ojeda-Luna, T., Aguirre-Mendoza, Z. (2015). *Vulnerabilidad al cambio climático en la región sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica*, Loja, Ecuador. EDILOJA, Loja, Ec, p. 183.
- Aguirre, Z. (2015). *Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales*. Herbario Loja 5, 1-30.
- Aguirre, Z., Madsen, J., Cotton, E., BALSLEV, H. (2002). *Botánica austroecuatoriana: estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chichipe*. Ediciones Abya Yala, Quito.
- Albán Molina, E., Granda Garzón, J. (2013). *Determinación del contenido de carbono en la biomasa aérea del páramo de la Reserva Ecológica Yanacocha*. Quito, 2013.
- Alulima, M., Cajamarca, P. (2013). *Evaluación del impacto del cambio climático, sobre la diversidad florística en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus*. Carrera de Ingeniería forestal. Universidad Nacional de Loja.
- Álvaro, W., Díaz, M., Morales, M. (2007). Catálogo comentado de las hepáticas del Cerro de Mamapacha, municipio de Chinavita-Boyacá, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 12.
- Araújo, M., Rahbek, C. (2006). How does climate change affect biodiversity? *Science* 313, 1396-1397.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., Mendoza, N. (2017). Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chichipe, Ecuador. *CEDAMAZ* 4.

- Báez, S., Jaramillo, L., Cuesta, F., Donoso, D. 2016. Effects of climate change on Andean biodiversity: a synthesis of studies published until 2015. *Neotropical Biodiversity*, 2: 181-194.
- Báez, S. & Homeier, J. 2018. "Functional traits determine tree growth and ecosystem productivity of a tropical montane forest: Insights from a long-term nutrient manipulation experiment." *Global Change Biology* 24(1): 399-409.
- Bagley, J., Desai, A., Harding, K., Snyder, P., & Foley, J. (2014). Drought and deforestation: Has land cover change influenced recent precipitation extremes in the Amazon? *Journal of Climate*, 27(1), 345–361.
- Becking, M. (2004). *Sistema microregional de conservación Podocarpus. Tejiendo (micro) corredores de conservación hacia la cogestión de una Reserva de Biosfera Cóndor-Podocarpus. Programa Podocarpus*. Loja, Ecuador.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 15, 365-377.
- Broennimann, O., Thuiller, W., Hughes, G., Midgley, G.F., Alkemade, J.R., Guisan, A. (2006). Do geographic distribution, niche property and life form explain plants' vulnerability to global change? *Global Change Biology* 12, 1079-1093.
- Buytaert, W., Céleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F. (2010). Hidrología del páramo andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad.
- Castillo, J., Bustamante, M., Castro, M. (2008). *Plan de sostenibilidad financiera Parque Nacional Podocarpus*, in: MAE, F., CI, IM, CONDESAN, MOORE, ECOCIENCIA (Ed.), p. 103.
- Cevallos, P.A. (2013). *Evaluación de parámetros florísticos de la diversidad de briófitos en el páramo de Cajanuma, parque nacional Podocarpus*, Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja, Loja. p. 116.
- Colwell, R., Brehm, G., Cardelús, C., Gilman, A., John, L. (2008). Global Warming, Elevational Range Shifts, and Lowland Biotic Attrition in the Wet Tropics. *Science* (80-). 322, 258–261.
- Cunalata, C., Inga, C., Recalde, C., Echeverría, M. (2013). *Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y la biomasa de los páramos de las comunidades del Chimborazo y Shobol Ilinllin en Ecuador*. Boletín del Grupo Español del Carbón, 10-13.
- Dullinger, S., Gattringer, A., Thuiller, W., Moser, D., Zimmermann, N.E., Guisan, A., Willner, W., Plutzer, C., Leitner, M., Mang, T. (2012). Extinction debt of high-mountain plants under twenty-first-century climate change. *Nature Climate Change* 2, 619.
- Eguiguren, P., Ojeda-Luna, T. (2009). *Línea base para el monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático, sobre la diversidad florística en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus*. Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja, Loja, p. 110.
- Feeley, K.J., Silman, M.R. (2010). Land-use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants. *Global change biology* 16, 3215-3222.
- Foster, P. (2001). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Rev.* 55, 73 – 106 p.
- Furniss, M., Roby, K., Cenderelli, D., Chatel, J., Clifton, C., Clingenpeel, A., Hays, P., Higgins, D., GHodges, K., Howe, C., Jungst, L., Louie, J., Mai, C., Martinez, K., Overton, K., Staab, K., Staab, B., Steinke, B., Weinhold, M. (2013). *Assessing the Vulnerability of Watersheds*

- to Climate Change Results of National Forest Watershed Vulnerability Pilot Assessments.* USDA Forest Service, USA.
- Glick, P., Stein, B., Edelson, N., (Edit). (2011). *Scanning the Conservation Horizon A Guide to Climate Change Vulnerability Assessment.* National Wildlife Federation, USA.
- Gottfried, M., Pauli, H., Futschik, A., Akhalkatsi, M., Barancok, P., Benito Alonso, J., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B., Fernandez Calzado, M. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change, *Nature Climate Change*, 2, 111–115.
- Guhl, E. (1982). *Los páramos circundantes de la Sabana de Bogotá.* Jardín Botánico" José Celestino Mutis".
- Guzmán, P., Salinas, L. (2010). *Patrones de diversidad florística en función de la gradiente altitudinal de los páramos del Parque Nacional Podocarpus*, p. 103.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. a., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2), 1–9.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vásquez, A., Cerra, M. (2014). *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo.* Quito: UICN Quito.
- Hofstede, R., Coppus, R., Váscónez, P.M., Segarra, P., Wolf, J., Sevink, J. (2002). El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. *Ecotropicos* 15, 3-18.
- Hofstede, R., Mena, P. (2000). *Los beneficios escondidos del páramo, II Conferencia Electrónica sobre Usos Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes*, p. 9.
- Hofstede, R.G.M., Lips, J.M., Jongasma, W. (1998). Geografía, ecología y forestación de la Sierra Alta del Ecuador: Revisión de literatura.
- Izco, J., Pulgar, Í., Aguirre, Z., Santin, F. (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. *Revista peruana de biología* 14, 237-246.
- Kazakis, G., Ghosn, D., Vogiatzakis, I., Papanastasis, V. (2007). Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Lefka Ori, Crete. *Biodiversity and Conservation* 16, 1603-1615.
- Llambí, L. (2012). Ecología, hidrología y suelos de páramos: Proyecto Páramo Andino. Proyecto Páramo Andino.
- Lozano, P., Delgado, T., Aguirre, Z. (2004). Endemism as a tool for conservation. Podocarpus National Park a case study. *Lyonia* 6(2), 43-53.
- MAE. (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental, Subsecretaría de Patrimonio Natural.* MAE, Quito.
- Magurran, A. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement* New Jersey, USA, Princeton University Press.
- Margalef, R. (1972). *Homage to Evelyn Huthinson, or why is there an upper limit to diversity?* Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences. 44. 211-235.
- Mazzola, M.B., Kin, A.G., Morici, E.F., Babinec, F.J., Tamborini, G. (2008). Efecto del gradiente altitudinal sobre la vegetación de las sierras de Lihue Calel (La Pampa, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 43, 103-109.
- Mena, P., Hofstede, R. (2006). *Los páramos ecuatorianos. Botánica económica de los Andes Centrales.* Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

- Mena, P., Morales, M., Ortiz, P., Ramón, G., Rivadeneira, S., Suárez, E., Terán, J., Velázquez, C. (2009). *Gente y ambiente de Páramo: realidades y perspectivas en el Ecuador*. Quito, Ecuador: EcoCiencia-AbyaYala., P., Ortiz, D. (2001). El ecoturismo en los páramos. GTP, Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador.
- Moreno, G., Quinde, J. (2017). *Estimación de los contenidos de carbono del ecosistema páramo del parque nacional Podocarpus-Ecuador, Facultad Agropecuaria*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Mostacedo, B., Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*.
- Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, C., Grabherr, G. (2007). Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global change biology* 13, 147-156.
- Pearson, R. (2006). Climate change and the migration capacity of species. *Trends Ecol. Evol.* 21, 111–113.
- Podwojewski, P. (1999). Los suelos de las altas tierras andinas: los páramos del Ecuador. *Bol Soc Ecuator Cie Suelo* 18, 14.
- Pounds, J.A., Bustamante, M.R., Coloma, L.A., Consuegra, J.A., Fogden, M.P., Foster, P.N., La Marca, E., Masters, K.L., Merino-Viteri, A., Puschendorf, R. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439, 161.
- Ramirez-Villegas, J., Cuesta, F., Devenish, C., Peralvo, M., Jarvis, A., Arnillas, C. (2014). Using species distributions models for designing conservation strategies of Tropical Andean biodiversity under climate change. *Journal for Nature Conservation* 22, 391-404.
- Richter, M., Moreira-Muñoz, A. (2005). Heterogeneidad climática y diversidad de la vegetación en el sur de Ecuador: un método de fitoindicación. *Revista peruana de Biología* 12, 217-238.
- Sierra-Almeida, A., Cavieres, L. (2010). Summer freezing resistance decreased in high-elevation plants exposed to experimental warming in the central Chilean Andes. *Oecologia* 163, 267-276.
- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P. D., Jäger, J., Matson, P. A., Moore III, B., & Oldfield, F. (2006). *Global change and the earth system: a planet under pressure*. New York.
- Thornton, P., Ericksen, P., Herrero, M., Challinor, A. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: a review. *Glob. Chang. Biol.* 1–16.
- Thuiller, W., Albert, C., Araújo, M., Berry, P., Cabeza, M., Guisan, A., Hickler, T., Midgley, G., Paterson, J., Schurr, F. (2008). *Predicting global change impacts on plant species' distributions: future challenges*. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics* 9, 137-152.
- Vargas, H., Neill, D., Asanza, M., Freire-Fierro, A., Narváez, E. (2000). *Vegetación y flora del Parque Nacional Llanganates. Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas*. Quito: EcoCiencia, Herbario Nacional del Ecuador, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales e Instituto Internacional de Reconstrucción Rural.
- Zavaleta, E., Shaw, M., Chiariello, N., Mooney, H., Field, C. (2003). *Additive effects of simulated climate changes, elevated CO₂, and nitrogen deposition on grassland diversity*. *Proceedings of the National academy of Sciences* 100, 7650-7654.

Distribución espacial de *Hypothenemus hampei* Ferrari en agroecosistemas cafetaleros de la selva central del Perú

Spatial distribution of *Hypothenemus hampei* Ferrari in coffee agroecosystems of the Peruvian central rain forest

Alvarado Vlnicio ^{1*}

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

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

RECIBIDO: 27/03/2018

APROBADO: 12/06/2018

RESUMEN

Los patrones de distribución espacial de insectos plaga como *Hypothenemus hampei* Ferrari varían según las condiciones ambientales o fisiológicas; las variaciones de la vegetación que se producen al momento de manejar la sombra en los agroecosistemas cafetaleros, modifican la diversidad florística o la densidad de vegetación, factores importantes al momento de entender la distribución de insectos plaga en su ambiente circundante. El objetivo del presente estudio fue la evaluación de la distribución espacial de *Hypothenemus hampei* Ferrari bajo diferentes estados de diversidad florística en agroecosistemas cafetaleros de la selva central del Perú: El Oconal, Alto Kimiriki y Río Venado, partiendo de la hipótesis de que las diversas interacciones entre los organismos se incrementan en las zonas de mayor diversidad florística. A partir del estudio de la diversidad florística en estos lugares mediante índices de diversidad; se comparó el número de individuos de *H. hampei* en ocho parcelas permanentes que incluían a 10 plantas de café, instaladas en cada uno de los tres sectores por el lapso de seis meses; con los datos obtenidos se realizó un análisis espacial de la distribución de individuos o insectos a través de la densidad *Kernel* con el software *ArcGIS*®. La distribución espacial del insecto estuvo condicionada hacia los sectores de mayor vegetación y sombra sin que se haya podido evidenciar una relación directa con la diversidad florística.

Palabras clave: *Coffea arabica*, diversidad florística, agroecosistemas, *Hypothenemus hampei*, densidad *Kernel*.

ABSTRACT

Patterns of spatial distribution of insect pests such as *Hypothenemus hampei* Ferrari can vary according to environmental or physiological conditions; the variations of the vegetation that take place when managing the shade in the coffee agroecosystems, modify the floristic diversity, an important factor when understanding the distribution of insects and their natural regulators. The objective of the study was the evaluation of the spatial distribution of *Hypothenemus hampei* Ferrari under different states of floristic diversity in coffee agroecosystems of the central jungle of Peru: El Oconal, Alto Kimiriki and Río Venado, starting from the hypothesis that the various interactions between organisms are found in the areas of greatest floristic diversity. From the study of floristic diversity in these places through diversity indexes; the incidence of *H. hampei* was compared in eight permanent plots that included 10 coffee plants, installed in each of the sectors for a period of six months. With the obtained data, a *Kernel* density spatial analysis was performed with the *ArcGIS*® software. The spatial distribution of the insect was conditioned to the sectors of greater vegetation and shade. The floristic diversity did not have a direct effect on the spatial distribution of *H. Hampei* in the study sites.

Keywords: *Coffea arabica*, floristic diversity, agroecosystems, *Hypothenemus hampei*, *Kernel* density.

INTRODUCCIÓN

La distribución de una especie introducida en un hábitat determinado tiene mucha pertinencia ecológica, pues permite ver el grado de adaptabilidad y dinámica lograda o no por las especies alóctonas sobre las nativas (Drake, 1983); en este sentido, la broca del café ha logrado un nivel de adaptación y colonización en las regiones caficultoras, a tal punto que constituye la principal plaga del café (Castaño *et al.*, 2005); la broca, se ha adaptado a las condiciones de nuestros ecosistemas durante más de 50 años, tiempo transcurrido desde que ingresó al continente americano, según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (1984), quienes reportan su presencia desde 1924 en San Pablo, Brasil, en 1962 llega al valle de Satipo en Perú (Acacio Simon, 2009), se encuentra distribuida en toda la zona cafetalera, especialmente desde los 600 a 1 200 m. snm.

La utilización en diversos campos de la ciencia de los Sistemas de Información Geográfica junto a técnicas estadísticas aplicadas, ha permitido en los últimos años la expansión de herramientas para el análisis de los patrones espaciales de presencia y ausencia de especies; muchas técnicas se han propuesto y existen varios modelos de distribución de especies (Franklin 1995, Guisan y Zimmermann 2000, Rushton *et al.* 2004, Foody 2008 y Swenson 2008). La distribución de frecuencias de el número de individuos de la broca del café en diferentes parcelas es comúnmente analizada por medio de histogramas y polígonos de frecuencia; no obstante, estos procedimientos presentan diversos problemas incluyendo la dependencia del origen, amplitud, número de intervalos, no fácilmente observables *in situ*; la utilización de herramientas geográficas como la densidad *Kernel* permiten visualizar en un amplio rango espacial el comportamiento de una especie, las distribuciones, acumulaciones o tendencias migratorias (Franklin, 1995).

El manejo de la sombra en los cafetales, modifica la diversidad florística y con ello los patrones de la distribución de especies que en ella habitan; los límites pueden modificarse debido a las actividades propias de los cultivos extensivos como el café que junto con la palma africana, cacao, caña y pastos para la ganadería están provocando cambios y movimientos de la biodiversidad así como la modificación de los ecosistemas en selva amazónica (Badii *et al.*, 2015). Al conocer los patrones de distribución espacial de la broca en los cafetales, sin duda permitirá un mejor manejo de las especies de sombra dentro de los cultivos debido a la relación directa entre el insecto y la diversidad vegetal que según Gliessman (2002) tal espacio brinda las condiciones para satisfacer sus necesidades únicas y a la vez es el espacio donde se refuerzan las cadenas tróficas que dan lugar a la autoregulación de las poblaciones (Smith y Smith, 2007)

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la zona de estudio

La investigación se realizó en la selva central del Perú en los departamentos de Pasco y Junín, conocidos por la tradición en la producción de café, se eligieron específicamente los sectores de El Oconal en el distrito de Villa Rica, Alto Kimiriki en el distrito de Pichanaki y Río Venado en el distrito de Satipo (Figura 1). Los tres sectores fueron seleccionados por estar a diferentes altitudes, un manejo diferente, y por tener diferencias especies vegetales de sombra. El detalle de la ubicación de los sectores de estudio se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Ubicación de los sectores de estudio en la Selva Central. Perú.

Sector	Departamento	Provincia	Distrito	Altitud	Coordenadas	
				msnm	Latitud Sur	Longitud O
El Oconal	Pasco	Oxapamba	Villa Rica	1100	10°44'47,32"S	75°15'11,95
Alto Kimiriki	Junin	Chanchamayo	Pichanaki	900	10°59'30,85"S	74°52'40,48
Río Venado	Junín	Satipo	Satipo	600	11°13'17,78"S	74°45'38,70

Muestreo y toma de datos

Se seleccionaron las fincas en función de la accesibilidad y pisos altitudinales, se elaboraron mapas digitales con diversas capas para la delimitación de las fincas, cobertura vegetal y la respectiva ubicación de las parcelas con las coordenadas obtenidas en campo. En cada finca se instalaron 10 parcelas permanentes distribuidas en zigzag, 5 en la parte baja y 5 hacia la parte alta, las mismas que fueron debidamente georeferenciadas con GPS *GARMIN GPSmap® 60CSv*, las parcelas se trazaron de forma rectangular, tuvieron una dimensión de 50 m de largo por 20 m de ancho (1000 m²) dando un área total de evaluación de 10 000 m² (1ha) por cada finca como se muestra en la Figura 2. El análisis de diversidad se tomó del estudio de Alvarado (2017) el cual transcurrió en las parcelas descritas. La delimitación de parcelas para determinar la distribución espacial del número

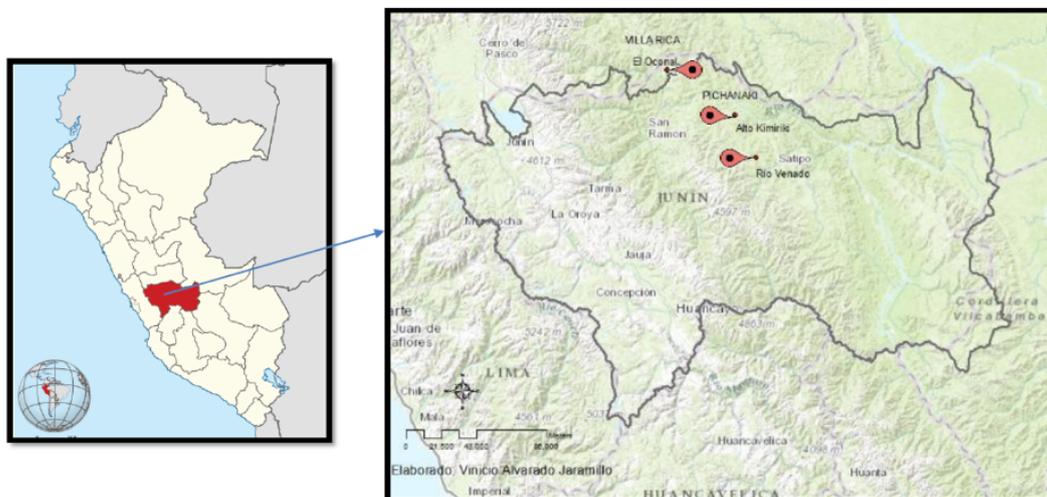


Figura 1. Mapa de localización de los sectores de estudio donde se observan los puntos rojos que representan las fincas utilizadas para el presente estudio: El Oconal-Villa Rica. Alto Kimiriki – Pichanaki y Río Venado – Satipo.

de individuos de *H. hampei* se realizó con GPS *GARMIN GPSmap® 60CSv* estableciéndose ocho parcelas de café distribuidas en zigzag abarcando diferentes puntos de cada una de las fincas de estudio (Figura 2 A), cada parcela estaba conformada por 10 plantas agrupadas de forma natural con un área aproximada de 16 m² con un total de 80 plantas (unidades muestrales) por finca. Los datos de número de individuos de broca se realizó por muestreo sistemático (ver Figura 2 B) por ser el más exacto para la selección de los cafetos (Rémond, 1996), se tomaron 100 cerezas tanto de la parte media y alta de las plantas conforme el estudio realizado por Ureña (2003) para el muestreo de broca del café; los datos obtenidos, fueron tabulados y expresados en porcentajes, además se analizaron espacialmente en el programa *ArcGis®* por medio de la herramienta de Análisis Espacial *Densidad Kernel*, técnica que permitió establecer una relación entre la posición geográfica y el número de individuos, además permitió generar una representación gráfica de las parcelas que concentran las diferentes densidades de los individuos estudiados (individuos/ha).

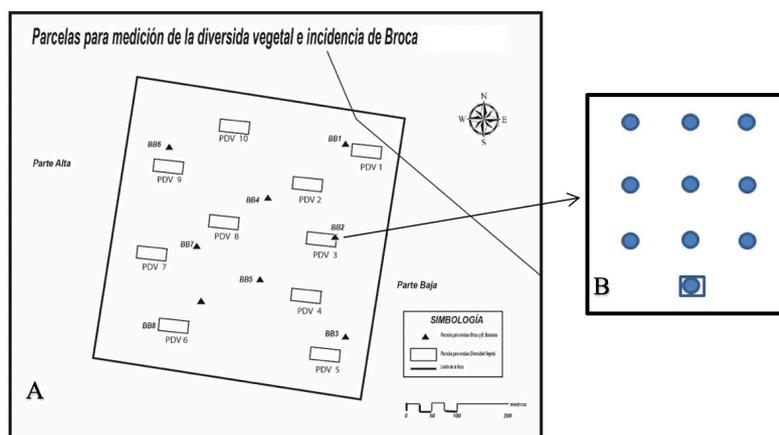


Figura 2. A) Distribución de las parcelas para estudio de diversidad vegetal (□) y parcelas para estudio de la distribución de *Hypothenemus hampei* (▲). B) Muestreo sistemático: Distribución de plantas de café en la parcela.

RESULTADOS

Análisis de la vegetación en los agroecosistemas cafetaleros.

El análisis de la vegetación en los lugares de estudio fue tomado del estudio de “Análisis de correspondencia en la diversidad florística de agroecosistemas cafetaleros en la selva central del Perú” (Alvarado, 2017). La Tabla 2 resume una serie de índices obtenidos, en primer lugar se puede observar el número de especies o “Taxones” de cada sector; Río Venado presenta mayor número de especies (26), le sigue en importancia Alto Kimiriki con 21 especies y El Oconal con 20 especies; el sector de Río Venado cuenta con un bosque en el cafetal mas denso, por lo que se registraron mayor número de individuos (296).

Tabla 2. Índices de diversidad vegetal en los tres agroecosistemas cafetaleros.

	El Oconal	Alto Kimiriki	Río Venado
Taxón	21	20	26
Individuos	253	184	296
Dominancia (D)	0,1599	0,1887	0,1267
Simpson (1-D)	0,8401	0,8113	0,8733
Shannon (H)	3,310	3,222	3,631
Margalef (M)	3,614	3,643	4,393
Equitatividad Pielou (J)	0,7604	0,7521	0,7793

Según Alvarado (2017), la mayoría de taxones o especies encontradas se ubicaron en el sector de Río Venado, predominado por *Inga brachyptera*, *Inga sp.*, conocido como "paca" especie cultivada para mejorar la sombra en los cafetales, y también encontró especies propias de la zona de alto fuste y dosel como *Cedrelinga cateniformis*, conocido vulgarmente como "tornillo". En los tres sectores la sombra ha sido modificada constantemente por lo que se analizan los resultados del análisis de diversidad para diferenciar el comportamiento ecológico de la vegetación en estos lugares.

El índice de dominancia fue mayor en Alto Kimiriki ($D=0,19$) debido a la importante presencia de *Musa pasadisiaca* en gran parte de la finca y menor en el sector de Río Venado. El índice de diversidad de Shannon no tuvo grandes diferencias entre las 3 fincas, pero hay una destacable diferencia en el sector Río Venado donde se encontró un mayor índice ($H^2=3,63 \text{ bits} \cdot \text{ind}^{-1}$). El índice de riqueza de Margalef refuerza lo señalado con respecto al número de especies e individuos, índice notablemente alto en el sector de Río Venado ($M=4,39$); El índice de equitatividad de Pielou (j) muestra que la abundancia de especies fue semejante en los tres sectores donde se realizó el estudio con valores cercanos a 1, pudiéndose observar que existe una diferenciación con respecto a este índice en el sector de Río Venado ($J=0,78$).

Porcentaje de individuos de *Hypothenemus hampei*

La figura 3 muestra la evolución temporal de el número de individuos de *H. hampei* en las tres fincas en el transcurso de seis meses, las evaluaciones durante el estudio permitieron obtener el promedio general de infestación de *H. Hampei* 5,2 %, valor que sobrepasa el umbral de daño

económico (5%) (Cardona G., y Bustillo A., 2006). Los sectores de Río Venado y Alto Kimiriki presentaron los niveles de infestación más altos para la plaga y los meses de abril y mayo presentaron altos porcentajes de infestación. En el sector Río Venado, las infestaciones más altas llegaron a un promedio de 7,59 %, estuvieron muy por encima del umbral de daño económico 5 %. Bajas infestaciones se observaron en el sector de El Oconal (3,64 %).

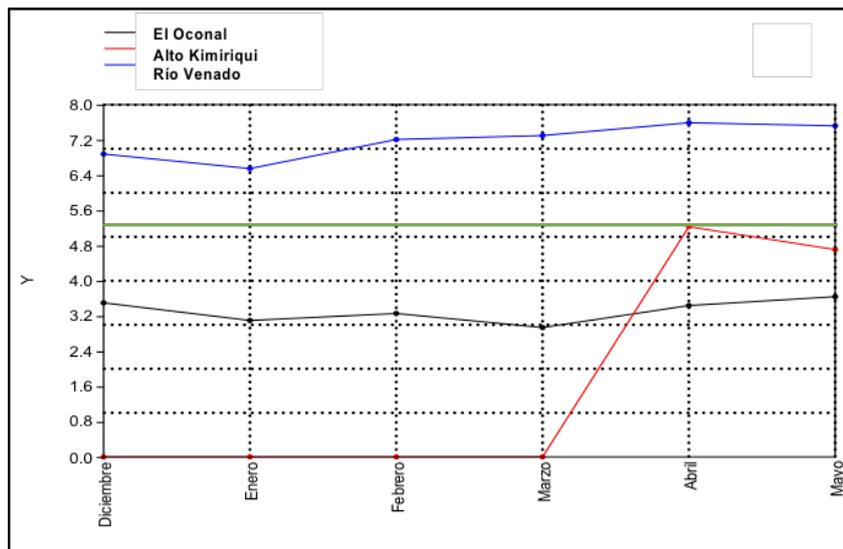


Figura 3. Porcentajes del número de individuos de *Hypothenemus hampei* en los sectores de estudio.

Distribución espacial de *H. hampei*.

La distribución espacial de *Hypothenemus hampei* se pudo visualizar en cada una de las parcelas mediante el análisis densidad Kernel en el software ArcGIS® (Figura 5). La Figura 5A muestra la distribución espacial de *H. hampei* en el sector El Oconal; la densidad de infestación es baja en comparación con los demás sectores, la escala de colores en el mapa muestra densidades que van desde 1,35 a 4,04 % de individuos o insectos por ha en toda la finca; se puede observar las concentraciones más altas en la parcela 8 (hasta 5,39 % de individuos/ha), pero con un radio de alcance pequeño, las parcelas aledañas 5, 6 y 7 muestran similares concentraciones de 2,70 a 4,04 % de individuos/ha. La figura 5B muestra la distribución espacial de *H. hampei* en el sector Alto Kimiriki; en este sector se puede evidenciar que predominan las densidades de 4,05 a 5,39 % de individuos o insectos/ha en gran parte de la finca; altas densidades poblacionales del insecto se pueden observar en las parcelas 4 y 5 en las que se obtuvieron concentraciones que van de 5,40 a 6,74 % de individuos/ha, con la observación adicional que en la parcela 4 el radio de alcance es mayor. La figura 5C muestra la distribución espacial de *H. hampei* en el sector Río Venado; la densidad de población del insecto es notablemente mayor que el resto de sectores, las parcelas 5 y 6 muestran hasta siete niveles de concentración con valores máximos de 8,07 a 9,43 % individuos/ha, las parcelas 3, 4 y 7 presentan concentraciones que van de 5,40 a 6,74 % de individuos/ha y las parcelas 1,2 y 8 presentan concentraciones de 2,70 a 4,04 % de individuos/ha.

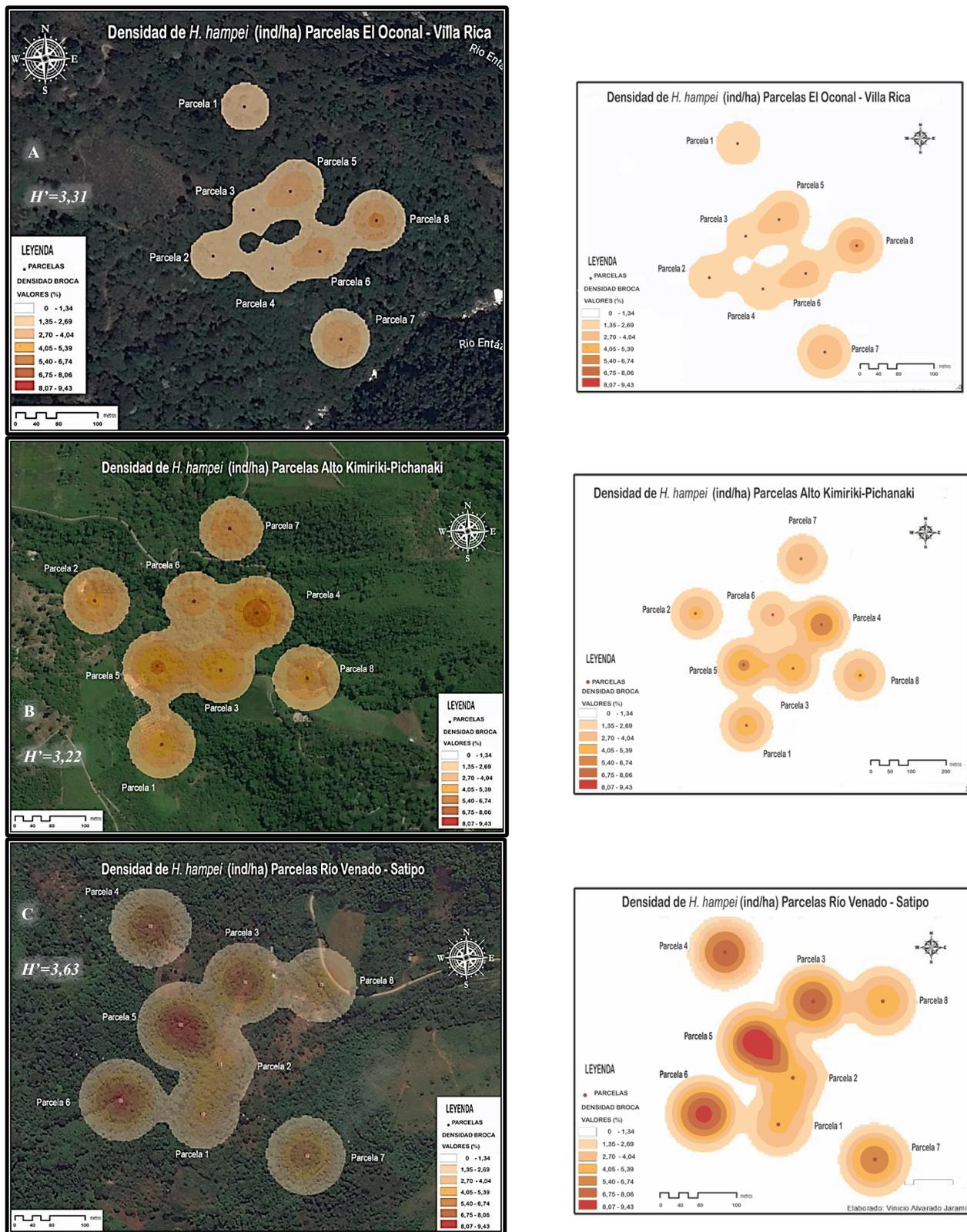


Figura 5. A,B,C) Distribución espacial de *H. hampei* en los tres sectores de estudio según análisis de densidad Kernel. Se aprecia en cada figura el índice de Shannon (H')

■ DISCUSIÓN

Las diversas formas de manejo de los cafetales en las tres zonas de estudio han dado paso a que los agroecosistemas presenten señales de degradación en su diversidad vegetal en diferente grado, el decremento de especies nativas frente a especies introducidas como *Musa paradisiaca*, *Inga brachyptera* (guabo/pacae), reflejan el mal manejo de estos agroecosistemas; además, la degradación del espacio boscoso en los sectores de estudio es evidente in situ debido a la presencia de *Pteridium arachnoideum*, que está ganando espacio en la sucesión ecológica dentro del agroecosistema (Alvarado, 2017).

Distribución espacial en función de la diversidad florística.

Al respecto Gliessman (2002) señala: "... la diversidad vegetal hace posible varios tipos de dinámicas de poblaciones benéficas entre insectos y sus depredadores", ante lo cual es importante recalcar que en el presente estudio esta afirmación no se cumple totalmente en lo que respecta con insectos plaga como *H. hampei*, en razón de que las poblaciones se mantuvieron sobre el umbral económico (5 %) durante todo el tiempo de estudio (figura 3) precisamente en el sector Río Venado que manifestó un índice de diversidad de Shannon relativamente mayor que el resto de lugares ($H' = 3,63 \text{ bits} \cdot \text{ind}^{-1}$) (Tabla 2), y es importante recalcar el índice de diversidad de Shannon debido a que permite conocer la distribución de las especies en proporciones dentro de los diferentes estratos sin que influya el número de especies presentes (Magurran, 1988), lo que da significado a los resultados encontrados, esto es, que la distribución espacial del insecto no fue afectada por diversidad florística; en este sentido, se puede enfatizar que el índice de Shannon (cuyos valores van de 1 a 4) en los tres sectores de estudio están cerca del valor máximo (Magurran, 1988), como se aprecia en la Tabla 2, muy característico de bosques tropicales, sin embargo el comportamiento poblacional del insecto en los tres sectores fue significativamente diferente al analizar los valores de las medias en la figura 3, también se puede visualizar en el análisis Kernel de la Figura 5, donde se evidencia las diferentes concentraciones y distribuciones del insecto que difieren entre los tres sectores.

La Dominancia de Simpson (D), índice que muestra la abundancia de las especies más comunes y por lo tanto, se refiere al mayor número de especies representados en la muestra total de individuos, su valor va de 0 a 1 (Magurran, 1988), en el caso del sector Alto Kimiriki donde predomina la especie *Musa paradisiaca* en el área de cultivo de café este índice se aproxima a 0,2 el mayor de los tres sectores que sugiere una débil diversidad; del otro lado se puede observar el índice de dominancia (D) menor en el sector de Río Venado, lo que sugiere en este último lugar una repartición equitativa de las especies, lo confirma el índice de Pielou ($j=0,78$) para este sector.

Distribución basada en la cobertura vegetal

Ante los resultados obtenidos, es importante analizar la distribución de *H. hampei* en función de la cobertura vegetal, ya que como señala Arellano, 2001, la sombra influye directamente sobre las poblaciones de la broca; en su estudio analiza la relación de la sombra de varias especies sobre las plantas de café, tamaño de las plantas, y en el caso de *Musa paradisiaca* señala que "las plantas alcanzaron un promedio de 95 cm de altura y se encontraban bajo un 70 % de sombra producida por la siembra de plátano" y destaca que la mayor acumulación del insecto se dan en lugares con

alta sombra, al respecto la dominancia de *Musa paradisiaca* en Alto Kimiriki corresponde con los patrones de distribución espacial del insecto como se pudo establecer en el análisis de densidad Kernel, en la figura 5B, el insecto muestra una tendencia a agruparse en la parte central, lugar donde *M. paradisiaca* es usada como sombra para el café.

En el sector El Oconal figura 5A, existen dos hábitats diferenciados por la cantidad de vegetación, la parte superior de la finca ubicada al oeste, tiene una pendiente pronunciada, posee pocas especies vegetales y arbóreas y hay tendencia a la erosión de tipo laminar; en la parte inferior (hacia el este) las especies están más conglomeradas y en conjunto muchas especies forman un sotobosque bien estructurado; en el análisis de densidad Kernel se pudo evidenciar que la mayor infestación está en la parcela 8 (ubicada al este, en la parte inferior de la finca) que contiene un promedio de 5,39 % de ind/ha, que a simple vista muestra una relación directa entre la vegetación y los individuos estudiados, aspecto que coincide con estudios realizados por [Arellano \(2001\)](#). La riqueza de taxones que se pudo observar en la Tabla 2 es mayor en el sector Río Venado, la vegetación en las parcelas 3,4,5 y 6 (Figura 5C) es mas densa y según el análisis espacial existen altas concentraciones del insecto en estos lugares.

Distribución basada en condiciones ambientales y fisiológicas de los individuos.

No se puede dejar de lado el análisis basado en aspectos ambientales y fisiológicos al momento de analizar la distribución espacial de *H. hampei*; en el estudio realizado por [Dufour et al. \(2007\)](#) señala: "...después de la cosecha, el insecto (broca) se desarrolla en los frutos que quedan en los cafetos y en los que han caído al suelo; con las primeras lluvias, las hembras salen de esos frutos y vuelan para colonizar un fruto nuevo" lo que de alguna manera pudo haber influenciado en el muestreo en las plantas, debido a que las condiciones climáticas inhibieron la migración de las hembras hacia otros lugares; de esta forma, la evolución temporal de las poblaciones de broca en el presente estudio estuvieron condicionadas a aspectos fisiológicos del insecto y también fue afectada por la temporada invernal que de acuerdo a la Figura 3 incrementó luego de los meses más lluviosos previos a abril, esto es, en los meses de diciembre a marzo, donde se registraron precipitaciones que bordearon los 300 mm, descendiendo paulatinamente hasta los 100 mm ([Alvarado, 2017](#)).

CONCLUSIONES

La distribución espacial de *H. hampei* no tiene una relación directa con la diversidad florística, obedece a un sinnúmero de condiciones ambientales y fisiológicas propias del insecto, la densidad Kernel permitió observar que *Hypothenemus hampei* no ocupa todo su hábitat potencial, concentrándose en focos distribuidos principalmente en áreas con buena cobertura de sombra y humedad, debiendo considerar para futuros estudios dichas condiciones para establecer en épocas que faciliten su observación y medición.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al aporte de instituciones como PRONABEC que cubrió gastos de investigación y estudios, a la Universidad Nacional Agraria la Molina a su planta docente y administrativa en especial a quienes ayudaron con mi trabajo de investigación Dr. Alberto Julca, Biol. Zulema Quinteros, Biol. Germán Arellano Cruz, a todos quienes contribuyeron de forma desinteresada propietarios de las fincas, Sr. Antonio Ponce, al Ing. Edwin Mendoza de la Universidad de Satipo; al Laboratorio de Fibras y Lanasy del POCA - UNALM a cargo del Dr. Gustavo Gutiérrez Ph.D., a su asistente la Dra. Julissa Candio, Clínica de Diagnósis de la UNALM

BIBLIOGRAFÍA

- ANDINA, (09 de Septiembre, 2013). *Café: Minagri proyecta exportaciones superiores a US\$800 millones en 2017*. Recuperado de <http://www.andina.com.pe/>
- Antón, D., Reynel, C. (2004). *Relictos de bosques de excepcional diversidad en los Andes Centrales del Perú*. Lima: UNALM-FCF
- Acacio-Simon, G. (2009). *Control etológico de la Broca de café (Hypothenemus hampei Ferr.) en café "catimor" instalado en tres localidades en Tingo María*. [Tesis Agronomía] UNAS, Lima
- Alvarado, V. (2017). Análisis de correspondencia en la diversidad florística de agroecosistemas cafetaleros en la selva central del Perú. *Bosques Latitud Cero*, 7(2). 25-35
- Arellano, G. (2001). *Evaluación de plagas en café, papayo, piña, palto, plátano y cítricos en Chanchamayo y Satipo*. [Tesis maestría inédita] UNALM, Lima.
- Ávila, O. (2010). Control de broca del café (*Hypothenemus hampei*) utilizando once cepas del hongo *Beauveria bassiana* y el nematodo *Heterorhabditis bacteriophora*. [Tesis CPA] Honduras.
- Badii, M., Guillen, A., Rodríguez, C., Lugo, O., Aguilar, J., & Acuña, M. (2015). Pérdida de Biodiversidad: Causas y Efectos. *Revista Daena* (International Journal of Good Conscience), 10(2).
- Blackwell, M., Hibbett, D. S., Taylor, J. W., Spatafora, J. W. (2006). Research coordination networks: a phylogeny for kingdom Fungi (Deep Hypha). *Mycologia*, 98: 829–37.
- Borbón, O. (2001). *Situación actual de la broca del fruto del café en Costa Rica (Hypothenemus hampei Ferr.)*. San José.
- Brun, L. O., Marcillaud, C., Gaudichon, V., Suckling, D. M. (1989). *Endosulfan resistance in Hypothenemus hampei (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia*. Numea.
- Bustillo, A., Cárdenas, R., Posada, F. (2002). *Enemigos naturales y competidores de Hypothenemus hampei en Colombia*. Colombia.
- Castaño, A., Benavides, P., Baker, P. S. (2005). Dispersión de *Hypothenemus hampei* en cafetales zoqueados.
- Cardona G, Bustillo A., 2006. Captura de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari), usando trampas en tres densidades diferentes , pp. 133 En Proceedings, 33 ° Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología , Manizales, Colombia.
- CENICAFE. (1993). *Cómo determinar la infestación de broca en un cafetal*. Chinchiná.
- Chapin, et al. (2000). *Consequences of changing biodiversity*. California.
- Charnley, A., Collins, S. (2007). *Entomopathogenic fungi and their role in pest control*. UK.

- Cisneros, P., Tandazo, A. (1990). *Evidencias sobre el establecimiento del parasitoide Prorops nasuta W. en el suroriente de Ecuador*. Medellín: SOCOLEN.
- Consejo Regulador de la Denominación de Origen Café Villa Rica. (2012). *Café de Villa Rica*. Obtenido de <http://cafedevillarica.pe/zonas-de-produccion.php>
- Darwin, C. (1859). *El origen de las especies*. Inglaterra.
- Devotto, L., France, A. (2000). *Hongos Entomopatógenos: Una alternativa para biopesticidas*.
- Díaz, S., Cabido, M. (2001). *Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes*. Córdoba.
- Díaz, S., Fargione, J., Chapin, F., Tilman, D., Díaz, S., Fargione, J. (2006). *Biodiversity loss threatens human well-being*. Albuquerque.
- Doberski, J., Tribe, H. (1980). *Isolation of entomogenous fungi from elm bark and soil with reference to ecology of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae*. Cambridge.
- Dufour, B. P., Franco, F. F., y Hernandez, A. (2007). *Evaluación del trampeo en el marco del manejo integrado de la broca del café*. Mexico: Sociedad Mexicana de Entomología
- Drake, Drake, J. A. 1983. *Invasibility Lotka-Volterra interaction webs*. Pages 83 - 90. In: D. DeAngelis, W. M. Post, y G. Sugihara (eds). *Current trends in food web theory*. TM 5983. Oak Ridge National Laboratories, Oak Ridge, Tenn.
- Encarnación, F., Zárate, R. (2010). *Vegetación informe temático Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la provincia de Satipo*. Iquitos.
- Encarnación, F., & Zárate, R. (2010). *Vegetación, informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la provincia de Satipo*, convenio entre el IIAP, DEVIDA y la Municipalidad Provincial de Satipo. Iquitos.
- EPA. (1996). *Standard Operating Procedure and quality Assurance Manual*. EEUU.
- FAO. (1992). *Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. Roma.
- FAO. (2002). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Roma. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s08.htm>
- FAO. (2013). *FAO Statistical Yearbook 2013*. Roma.
- FEDERECAFE. (2010). *Alerta Temprana de Broca y Roya en café*. Costa Rica.
- Fernández, T. et al. (2008). *Efecto de la intensidad luminosa y la aplicación de Beauveria bassiana sobre las poblaciones de Hypothenemus hampei*. San José de las Lajas, La Habana, Cuba.
- Ferriol, M., & Merle, H. (2012). *Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad*. Valencia.
- Finney, D. (1977). *Probit analysis*. London: Cambridge University Press.
- Foody, G. (2008) GIS: Biodiversity applications. *Progress in Physical Geography* 32: 223-235.
- Franklin, K. (1995) Predictive vegetation mapping: Geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Progress in Physical Geography* 19: 474-499.
- García, C. (2013). *Estudio de Impacto Ambiental ex-post al proyecto planta procesadora "ELCA-FÉ"*. Manabí.
- García, M., & et-al. (20 de Octubre de 2010). *Hongos entomopatógenos como una alternativa en control biológico*. Tabasco, Mexico.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología*. Costa Rica: Turrialba.
- Guisan, A., et al., (2007) What matters for predicting the occurrences of trees: Techniques, data, or species' characteristics? *Ecological Monographs* 77: 615-630.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1991). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hernández, V., Berlanga, P. (1997). *Uso de Beauveria bassiana como insecticida microbial*. Teacomán: SAGAR Y CONASA.
- IICA. (1984). *Manejo integrado de plagas agrícolas. Serie ponencias, resultados y recomendaciones*. Costa Rica.
- Jurado, A. T., Cruz, M. G., & Mercado, Y. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista mexicana de micología, Mic* v.30 Xalapa.
- Keller, S., & Zimmerman, G. (1989). *Mycopathogens of soil insects*. London.
- Krebs, C. (1985). *Estudio de la Distribución y la Abundancia*. Mexico: Harla.S.A.
- Liceras, Z. (1969). *La broca del café*. Tingo María.
- Lingg, A., & Donaldson, M. (1981). Biotic and abiotic factors affecting stability of *Beauveria bassiana* conidia in soil. *Journal of Invertebrate Pathology* vol. 38, 191-200.
- Manson, R. (2008). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. Mexico: INECOL, INE-SEMARNAT.
- Marín, G. (2012). *Producción de Cafés Especiales*. Manual Técnico. Lima: DESCO.
- Matteucci, D., y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington.
- McNeely_et.al. (1990). *Conserving the World's Biological Diversity*. Washington: WWF-US and the World Bank.
- Melo, O., Vargas, R. (2003). *Evaluación Ecológica y Silvicultural de Ecosistemas Boscosos*. Ibagué.
- Meyling, & Eilenberg. (2006). *The Ecology of Fungal Entomopathogens*. Springer D Heidelberg London New York.
- Miguel A. Altieri, C. I. (1994). *Biodiversidad y Manejo de Plagas en Agroecosistemas*. Barcelona: Icaria.
- Monzón, A., & Zamora, M. (2004). *Producción y uso de Beauveria bassiana para el control de plagas*, [Tesis] Universidad Nacional Agraria, UNA, Nicaragua.
- Moreira, F., et al. (2012). *Manual de biología de suelos tropicales Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. Mexico: Instituto Nacional de Ecología.
- Muños, L., Gallegos, M. (2016). *Programa de sensibilización para la producción de café orgánico en el distrito de la Peca departamento de Amazonas Perú*. Perú
- Magurran, A. E. (2013). *Ecological Diversity and Its Measurement*: Springer Netherlands.
- Smith, T. M., Smith, R. L. (2007). *Ecología*: Pearson.
- Nicholls, C. (2008). *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Antioquia : Editorial Universidad de Antioquia.
- PROAMAZONIA- MINAG. (2003). *Caracterización de las Zonas Cafetaleras del Perú*. Lima.
- Ramirez, G., Mora, M. (2001). *La broca del fruto del café nos amenaza*. San José.
- Ramón, M. (1988). Virulencia de *Beauveria bassiana* a broca do cafe *hipothenemus hampei* e sua compatibilidade com agrotóxicos utilizados na cultura do café . Vicosá. Bra.
- Rémond F., 1996. *Mise au point de methodes d'échantillonnage pour estimer les attaques des fruits du caféier par le scolyte (Hypothenemus hampei Ferr.)* [Thèse de Doc.] Univers. Montpellier, France, 279 p.
- Rice, F. P. (1997). *Desarrollo Humano, Estudio del Ciclo Vital*. México D.F.: Pearson Educación .

- Roberts, D. (1981). *Toxins of entomopathogenic fungi*. London: Burges.
- Rogg, H. (2000). *Manual de entomología agrícola del Ecuador*. Quito: Abya Yala.
- Romero, A. (2010). *Efecto de los sistemas agroforestales del café y del contexto del paisaje sobre la roya, (Hemileia vastatrix), broca (Hypothenemus hampei (Ferrari) y los nematodos Meloidogyne spp.), con diferentes certificaciones en la provincia de Cartago Costa Rica*. Turrialba.
- Rushton, S.; Ormerod, S.; Kerby, G. (2004) New paradigms for modelling species distributions? *Journal of Applied Ecology* 41: 193-200.
- Sibaja, G., & Jiménez, M. (1989). *La broca del café Hypothenemus hampei*. San José.
- Suarez, B., Tovar, R. (2013). *Incidencia de los costos de procesos biológicos en lotes para el incremento de la rentabilidad en el fundo cafetalero Santa Teresa*.
- Ureña, J., et al., (2003) . *Incremento de la distribución de Beauveria bassiana mediante Apis mellífera en control de broca del café en Zamora Chinchipe*. UIP-PROMSA, Programa de modernización de los servicios agropecuarios: fortaleciendo la competitividad de las cadenas agroalimentarias. 31 p.

Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes.

Evaluation of the growth of seedlings of *Coffea arabica* L. c.v. caturra in nursery conditions with different substrates and containers.

Encalada Max¹
Fernández Paulina¹
Jumbo Nohemí¹
Alejo Antonio²
Reyes Luis²

¹ Docentes-Investigadores de la Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Loja, Ecuador

² Consultores Independientes

*Autor para correspondencia: paulivanefer@hotmail.com

RECIBIDO: 20/03/2018

APROBADO: 19/06/2018

RESUMEN

La investigación se realizó en el sector Cararango, parroquia San Pedro de Vilcabamba, cantón y provincia de Loja con el objetivo de evaluar el efecto de cuatro tipos de sustratos y cuatro tamaños de recipientes en condiciones de vivero, en relación al crecimiento de las plántulas. Los sustratos utilizados en los tratamientos fueron: fosfoestiercol 20 %, humus de lombriz 25 %, bocashi 40 % y como control tierra agrícola + arena en proporción 3:1; como recipientes se utilizaron: fundas de polietileno de 471 cm³ (10 x 15 cm) y de 785 cm³ (12,5 x 20 cm) y bandejas de polietileno de 490 y 347 cm³ respectivamente. A los 81 días después del trasplante, durante 150 días se evaluaron las variables de crecimiento: altura, diámetro del tallo y número de hojas; así mismo, a los 231 días después de la emergencia se evaluó: materia seca de la parte radical, de la parte aérea y total. Los mejores resultados en crecimiento se registraron en los tratamientos T5 (bocashi 40 %), T9 (humus de lombriz 25 %) y T13 (fosfoestiercol 20 %), todos en funda de 12,5 x 20 cm (745 cm³), en los cuales se presentaron valores mayores de: altura, pares de hojas, área foliar y materia seca. Se observó una relación directa entre la calidad del sustrato y el tipo de recipientes en el comportamiento de las variables de crecimiento evaluadas.

Palabras claves: vivero, sustratos, crecimiento.

ABSTRACT

The research was conducted in the Cararango sector, San Pedro de Vilcabamba parish, county and province of Loja with the objective of evaluating the effect of four types of substrates and four sizes of containers under nursery conditions, in relation to the growth of the seedlings. The substrates used in the treatments were: phosphoestiercol 20%, humus of worm 25%, bocashi 40% and as control agricultural land + sand in proportion 3: 1; The following containers were used: 471 cm³ (10 x 15 cm) and 785 cm³ (12.5 x 20 cm) polyethylene covers and 490 and 347 cm³ polyethylene trays respectively. At 81 days after the transplant, during 150 days the growth variables were evaluated: height, stem diameter and number of leaves; Likewise, 231 days after the emergence, dry matter of the radical part, aerial part and total was evaluated. The best growing results were recorded in the T5 treatments (bocashi 40%), T9 (worm humus 25%) and T13 (phosphoestiercol 20%), all in 12.5 x 20 cm (745 cm³) cases, in the which showed higher values of: height, leaf pairs, leaf area and dry matter. A direct relationship was observed between the quality of the substrate and the type of containers in the behavior of the evaluated growth variables.

Keywords: nursery, substrates, increase.

INTRODUCCIÓN

El café es uno de los productos de exportación de alto valor en el mundo y su consumo se incrementa sostenidamente tanto en los países productores como en los importadores (OIC, 2016). En Ecuador es una de las principales actividades agrícolas que se realizan y se encuentra entre los diez cultivos con mayor superficie; además, se produce en varias provincias del país (Monteros, 2017). Según BanEcuador (2016) la caficultura a nivel nacional, genera empleo directo para 67 500 familias de productores y adicionalmente constituye una fuente de trabajo para varios miles de familias vinculadas a las actividades de comercio, agroindustria artesanal, industria de solubles, transporte y exportación. En la provincia de Loja, la producción de café representa el 13,5 % de las áreas cafetaleras del país.

Sin embargo, la Asociación Nacional de Exportadores de Café (ANECAFE) señala que la producción de café en el 2016 fue muy baja con relación a años anteriores (Telégrafo, 2017), las causas de esta baja en la producción pueden ser diversas como avanzada edad de las plantaciones, la presencia de plagas y enfermedades, la producción de plántulas de baja calidad a nivel de vivero. En cuanto a la producción de plántulas, dado el inadecuado manejo de los procesos en vivero se ha detectado baja calidad que se expresa en una limitada sobrevivencia, falta de homogeneidad y disminución de la longevidad en condiciones de campo.

Al respecto, el Ministerio de la Agricultura de Cuba (2013) señala que la calidad de las plántulas ejerce influencia por mucho tiempo en la plantación debido a que las deficiencias son detectadas luego de dos o tres años cuando la plantación empieza a producir; por su parte Alves y Guimarães (2010) indican que cualquier error cometido en el período de producción de plántulas resulta en baja productividad y disminución de la longevidad de las plantaciones. Diversos estudios señalan que para el manejo adecuado del cultivo se debe empezar desde el establecimiento en

el vivero, ya que para la instalación en el campo se debe garantizar plantas de buena arquitectura, vigorosas y libres de plagas y enfermedades (Castellón *et al.*, 2000).

Estudiar el crecimiento de las plántulas en etapa de vivero con diferentes sustratos y recipientes a partir de las variables de crecimiento, resulta importante para determinar las mejores características morfológicas que garanticen una plántula de buena calidad, expresada en sus medidas directas, de tal forma que su sobrevivencia y crecimiento en condiciones de campo esté asegurada.

Con estos antecedentes se realizó la investigación con el objetivo de evaluar el crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. Caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en el sector Cararango, parroquia San Pedro de Vilcabamba, cantón y provincia de Loja, aproximadamente a 36 km al Sur de la ciudad de Loja, ubicado a 696 243 Longitud y 9 531 988 Latitud. Se utilizaron semillas del cultivar Caturra recolectadas en una plantación ubicada en el cantón Espíndola, se procesaron y seleccionaron siguiendo las recomendaciones técnicas (INIAP, 1993)

Para la germinación de las semillas se construyó un germinador de madera a 50 cm sobre el nivel del suelo, con las siguientes dimensiones: 0,80 m de ancho x 2,60 m de largo y 0,20 m de alto, el cual se llenó con sustrato de tierra agrícola y arena en una proporción 1:1; la desinfección del sustrato se realizó con agua a 100°C y cal. La siembra se realizó en surcos a distancia de 5 cm, se sembraron 5 200 semillas, luego se cubrió con una capa fina de tierra. Cuando inicio la emergencia, se colocó una malla de polipropileno de color negro de 50 % de sombra neutra para crear un microclima adecuado en etapa inicial de crecimiento de las plántulas hasta su etapa de chapola. La emergencia se produjo entre los 45 y 55 días y el trasplante se realizó 55 días después.

Para el trasplante se procedió a preparar cuatro sustratos: tierra agrícola + arena en proporción 3:1 (base de cada sustrato), base de sustrato + bocashi al 40 %, base de sustrato + humus de lombriz al 25 % y base de sustrato + fosfoestiercol al 20 %. Los sustratos se colocaron en cuatro diferentes tamaños de recipientes: funda de polietileno de 10 x 15 cm, funda de polietileno de 12,5 x 20 cm, bandeja de polietileno de 490 cm³ y bandeja de polietileno de 347 cm³. Todos los sustratos fueron desinfectados con agua hirviendo y por insolación por tres días.

Se realizó un análisis de laboratorio a los sustratos utilizados, cuyas características se presentan en la Tabla 1.

Se utilizó un arreglo bifactorial 4 x 4 completamente al azar, con 4 tipos de sustratos, 4 tamaños de recipientes, 3 réplicas y cada réplica con 100 plantas, lo que da un total de 16 tratamientos con 4 800 plántulas (Tabla 1, Figura 1).

Tabla 1. Resultados de análisis de laboratorio de los sustratos.

Sustratos	Análisis Mecánico %			Textura	pH	MO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	TFSA					%	ppm	ppm	Ppm
	Ao	Lo	Ac						
Suelo agrícola + arena	60	27,8	12,2	FoAo	7,8	10,9	82,5	531,1	372,3
Bocashi + arena + suelo	60	21,8	18,2	FoAo	7,5	14,5	149,1	405,0	353,5
Humus de lombriz + arena + suelo	60	20,8	19,2	FoAo	7,4	12,6	81,6	357,5	390,9
Fosfoestiercol + arena + suelo	60	15,8	18,2	FoAo	7,9	13,0	107,8	91,45	369,1

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables-UNL

Tabla 2. Tratamientos utilizados en el ensayo de café *Coffea arabica* L. c.v. Caturra a nivel de vivero.

Tratamientos	Sustrato (A)	Recipiente (B)	Código
T1	Suelo agrícola + arena	Funda 12.5 x 20 cm	a1b1
T2	Suelo agrícola + arena	Funda 10 x 15 cm	a1b2
T3	Suelo agrícola + arena	Bandeja de CÓDIGO 1	a1b3
T4	Suelo agrícola + arena	Bandeja de CÓDIGO 2.	a1b4
T5	Bocashi + arena + suelo	Funda 12.5 x 20 cm	a2b1
T6	Bocashi + arena + suelo	Funda 10 x 15 cm	a2b2
T7	Bocashi + arena + suelo	Bandeja de CÓDIGO 1	a2b3
T8	Bocashi + arena + suelo	Bandeja de CÓDIGO 2.	a2b4
T9	Humus de lombriz + arena + suelo	Funda 12.5 x 20 cm	a3b1
T10	Humus de lombriz + arena + suelo	Funda 10 x 15 cm	a3b2
T11	Humus de lombriz + arena + suelo	Bandeja de CÓDIGO 1	a3b3
T12	Humus de lombriz + arena + suelo	Bandeja de CÓDIGO 2.	a3b4
T13	Fosfoestiercol + arena + suelo	Funda 12.5 x 20 cm	a4b1
T14	Fosfoestiercol + arena + suelo	Funda 10 x 15 cm	a4b2
T15	Fosfoestiercol + arena + suelo	Bandeja de CÓDIGO 1	a4b3
T16	Fosfoestiercol + arena + suelo	Bandeja de CÓDIGO 2.	a4b4

Evaluación de variables.

Durante 150 días, a partir de que las plántulas tuvieron la edad de 136 días, es decir, a los 81 días después del trasplante, se evaluaron las siguientes variables de crecimiento: altura, diámetro del tallo, número de pares de hojas; así mismo, al finalizar la etapa de vivero se evaluó: materia seca de raíces, materia seca de la parte aérea y materia seca total.

La altura se midió con regla milimetrada, desde el cuello de la raíz hasta el ápice; el diámetro se midió con el uso de un calibrador digital siempre a dos cm por arriba del cuello de la raíz; para el conteo de los pares de hojas se consideró aquellas que midieron más de dos cm de ancho por tres cm de largo. La materia seca de la parte radical y de la parte aérea se determinó al final de la etapa de vivero en cinco muestras colocando cada parte en bolsas de papel y luego se llevó a la

estufa a 75°C hasta peso constante. Se determinó el área foliar mediante las medidas lineales del largo y el ancho de las hojas, con la aplicación de la siguiente fórmula (Soto, 1980):

$$AF = \{[0,64 * (L * A)] + 0,49\}$$

El análisis de los datos se realizó mediante análisis de varianza y pruebas de Tukey, en el programa estadístico *infostat* y la utilización de *Excel* 2010.

		BLOQUES		
		1	2	3
TRATAMIENTOS	1	a1b1	a4b1	a1b4
	2	a3b2	a1b3	a3b1
	3	a2b3	a3b3	a4b2
	4	a1b2	a1b4	a4b4
	5	a2b2	a4b2	a1b2
	6	a4b1	a3b1	a3b4
	7	a4b4	a2b1	a2b4
	8	a1b3	a3b2	a3b3
	9	a3b1	a2b3	a2b1
	10	a4b3	a2b2	a4b1
	11	a1b4	a3b4	a1b1
	12	a4b2	a2b4	a2b3
	13	a3b3	a4b3	a3b2
	14	a2b1	a1b1	a1b3
	15	a3b4	a4b4	a4b3
	16	a2b4	a1b2	a2b2

Figura 1. Distribución espacial de los tratamientos del diseño de bloques completamente aleatorizados.

RESULTADOS

Altura de las plántulas

Los valores mayores en altura se presentaron en los tratamientos T13 (fosfoestiercol + sustrato de base en funda de 12,5 x 20 cm), T5 (bocashi + sustrato de base en funda de 12,5 x 20 cm), T10 (humus de lombriz + sustrato de base en funda de 10 x 15 cm), T9 (humus de lombriz + sustrato de base en funda de 12,5 x 20 cm) con medias de 22,78, 21,99 y 20,32 y 20,20 cm respectivamente, que se diferencian significativamente con relación a los demás tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de cuatro sustratos y tipos de recipientes en la altura de las plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. Caturra a los 231 días de la etapa final de vivero.

N	Tratamiento		Cód.	Medias		Código					
	Sustrato A	Recipiente B		Cm							
13	F+A+S	F12,5 x 20 cm	a4b1	22,78	A						
5	B+A+S	F12,5 x 20 cm	a2b1	21,99	A						
10	HL+A+S	F 10 x 15 cm	a3b2	20,32	A	B					
9	HL+A+S	F12,5 x 20 cm	a3b1	20,20	A	B					
6	B+A+S	F 10 x 15 cm	a2b2	18,56		B					
14	F+A+S	F 10 x 15 cm	a4b2	17,72		B	C				
7	B+A+S	BCÓDIGO 1	a2b3	16,88			C	D			
2	S+A	F 10x15 cm	a1b2	16,23			C	D	E		
12	HL+A+S	BCÓDIGO 2	a3b4	15,97			C	D	E	F	
16	F+A+S	BCÓDIGO 2	a4b4	15,91			C	D	E	F	
11	HL+A+S	BCÓDIGO 1	a3b3	15,85			C	D	E	F	
8	B+A+S	BCÓDIGO 2.	a2b4	15,03			C	D	E	F	G
15	F+A+S	BCÓDIGO 1	a4b3	14,95				D	E	F	G
4	S+A	BCÓDIGO 2	a1b4	14,37				D	E	F	G
3	S+A	BCÓDIGO 1	a1b3	13,58					E	F	G
1	S+A	F12,5 x 20 cm	a1b1	12,35						F	G

Según la dinámica, en los primeros meses el crecimiento fue lento y uniforme en todos los tratamientos, debido a que la plántula en sus primeros estadios de vida no requiere mayor cantidad de nutrientes ya que no tiene desarrollados completamente sus órganos. Mientras que a partir de los 172 días en adelante se observó el efecto de cada uno de los sustratos y el tipo de recipiente utilizado en el indicador altura de las plántulas. En este caso el T13 es el que más creció y el que menos creció fue el T1 (Figura 2).

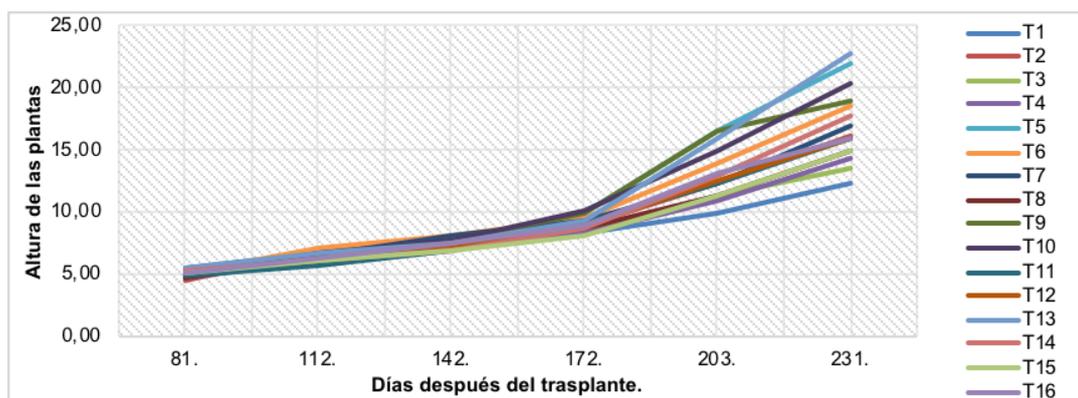


Figura 2. Dinámica de crecimiento de las plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. Caturra evaluadas durante 150 días después del trasplante.

Diámetro del tallo

Existe interacción entre los factores (tipo de sustrato y tipo de recipiente) en el crecimiento de las plántulas, se presenta gran variabilidad entre los tratamientos; registrando el mayor diámetro del tallo en el tratamiento T5, con una media de 3,86 mm, seguido del tratamiento T13, con una media de 3,71 mm. Los tratamientos que presentaron menores diámetros fueron: T4, T2, T3 y T1, los que se emplearon sustrato de base y en el recipiente más pequeño, presentado una media entre 2,54, a 2,82 mm respectivamente.

Tabla 4. Efecto de los sustratos y recipientes en el diámetro del tallo de las plántulas *Coffea arabica* L. c.v. Caturra a los 231 días de la etapa final de vivero

N	Tratamiento		Código	Medias		Código
	Sustrato A	Recipiente B		mm		
5	B+A+S	F 12,5 x 20 cm	a2b1	3,86	A	
13	F+A+S	F 12,5 x 20 cm	a4b1	3,71	A	B
9	HL+A+S	F 12,5 x 20 cm	a3b1	3,36		B C
11	HL+A+S	BCÓDIGO 1	a3b3	3,28		B C D
12	HL+A+S	BCÓDIGO 2	a3b4	3,28		B C D
10	HL+A+S	F 10 x 15 cm	a3b2	3,25		B C D E
14	F+A+S	F 10 x 15 cm	a4b2	3,25		B C D E
7	B+A+S	BCÓDIGO 1	a2b3	3,09		C D E F
6	B+A+S	F 10 x 15 cm	a2b2	3,07		C D E F
8	B+A+S	BCÓDIGO 2	a2b4	3,02		C D E F
15	F+A+S	BCÓDIGO 1	a4b3	2,98		C D E F G
16	F+A+S	BCÓDIGO 2	a4b4	2,95		C D E F G
4	S+A	BCÓDIGO 2	a1b4	2,82		D E F G
2	S+A	F 10 x 15 cm	a1b2	2,80		E F G
3	S+A	BCÓDIGO 1	a1b3	2,64		F G
1	S+A	F 12,5 x 20 cm	a1b1	2,54		G

En la dinámica de crecimiento del diámetro del tallo presentó un comportamiento similar al crecimiento en altura (Figura 3).

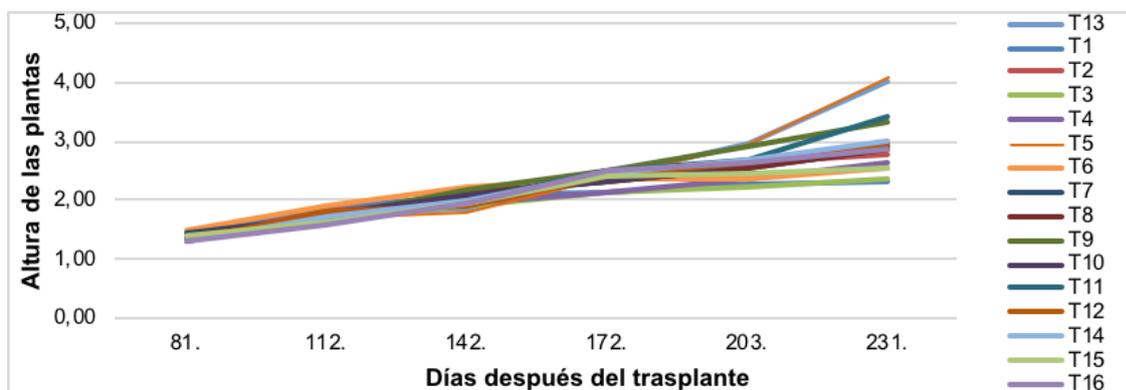


Figura 3. Dinámica de crecimiento del diámetro del tallo de las plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. Caturra evaluadas durante 150 días después del trasplante.

Número de pares de hojas

Con relación al indicador número de pares de hojas respecto al efecto de los sustratos y el tipo de recipiente, se determinó que el tratamiento T5, presentó mayor número de pares de hojas, registrándose una media de 6,87 pares de hojas. A diferencia de los demás tratamientos que entre ellos no difieren estadísticamente entre sí; registrando el tratamiento T1 con el menor número de pares de hojas con una media de 5,60 pares de hojas (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto de los sustratos y recipientes en cuanto al número de pares de hojas en las plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. Caturra a los 231 días de la etapa final de vivero.

N	Tratamiento		Código	Medias Hojas	Código
	Sustrato. A	Recipiente. B			
5	B+A+S	F12,5 x 20 cm	a2b1	6,87	A
13	B+A+S	F12,5 x 20 cm	a2b1	6,33	B
10	HL+A+S	F 10 x 15 cm	a3b2	6,27	B
9	HL+A+S	F12,5 x 20 cm	a3b1	6,20	B
12	HL+A+S	BCÓDIGO 2	a3b4	6,13	B
6	B+A+S	F 10 x 15 cm	a2b2	6,07	B C
15	F+A+S	BCÓDIGO 1	a4b3	6,07	B C
3	S+A	BCÓDIGO 1	a1b3	6,07	B C
14	F+A+S	F 10 x 15 cm	a4b2	6,07	B C
16	F+A+S	BCÓDIGO 2	a4b4	6,07	B C
7	B+A+S	BCÓDIGO 1	a2b3	6,00	B C
8	B+A+S	BCÓDIGO 2	a2b4	6,00	B C
2	S+A	BCÓDIGO 2	a1b4	5,93	B C
4	S+A	BCÓDIGO 2	a1b4	5,93	B C
11	HL+A+S	BCÓDIGO 1	a3b3	5,87	B C
1	S+A	F12,5 x 20 cm	a1b1	5,60	C

Área Foliar

Existió interacción entre los sustratos y tipos de recipientes en el crecimiento del área foliar (Tabla 6), con diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

Tabla 6. Análisis de la interacción entre los factores A=sustratos y B=recipientes para el indicador área foliar de plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. Caturra, a los 231 días después de la emergencia.

Los mejores resultados se presentaron en T5, T9 y T13, con medias de: 346,42, 303,22 y

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	845302,07	15	56353,47	38,27	<0,0001
Sustrato	262222,07	3	87407,36	59,35	<0,0001
Recipiente	396438,51	3	132146,17	89,73	<0,0001
Sustrato*Recipiente	186641,49	9	20737,94	14,08	<0,0001

251,63 cm² respectivamente. Los tratamientos que demostraron menor crecimiento foliar fueron T3, T4 y T16 (Tabla 7).

Tabla 7. Efecto de los sustratos y tipos de recipientes en relación a la estimación del área foliar de las plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. Caturra a los 231 días de la etapa final de vivero

N	Tratamiento		Código	Medias Cm ²	Código
	Sustrat. A	Recip. B			
5	B+A+S	F 12,5 x 20 cm	a2b1	346,42	A
9	HL+A+S	F 12,5 x 20 cm	a3b1	303,22	A
13	F+A+S	F 12,5 x 20 cm	a4b1	251,64	B
10	HL+A+S	F 10 x 15 cm	a3b2	217,11	B C
11	HL+A+S	BCÓDIGO 1	a3b3	215,52	B C
6	B+A+S	F 10 x 15 cm	a2b2	208,53	B C
12	HL+A+S	BCÓDIGO 2	a3b4	200,59	C D
14	F+A+S	F 10 x 15 cm	a4b2	193,91	C D E
15	F+A+S	BCÓDIGO 1	a4b3	159,21	D E F
7	B+A+S	BCÓDIGO 1	a2b3	159,04	D E F
2	S+A	F 10 x 15 cm	a1b2	153,07	D E F
8	B+A+S	BCÓDIGO 2	a2b4	149,38	E F
1	S+A	F 12,5 x 20 cm	a1b1	147,95	E F
3	S+A	BCÓDIGO 1	a1b3	143,87	F
4	S+A	BCÓDIGO 2	a2b4	142,66	F
16	F+A+S	BCÓDIGO 2	a4b4	136,66	F

Materia seca de raíces.

Los tratamientos que tuvieron mayor peso en materia seca fueron T5, T9, T13 con medias de 1,32, 1,12, 1,06 g respectivamente presentando diferencias significativas frente a los demás. Mientras que los menores pesos se registraron en los tratamientos T4 (sustrato base en bandeja cód. 2) y T1 (sustrato base en funda de polietileno de 12,5 x 20 cm), con medias de 0,58 g y 0,49 g respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8. Efecto de los sustratos y recipientes en relación al materia seca de raíces de las plántulas *Coffea arabica* L. c.v. Caturra a los 231 días de la etapa final de vivero.

N	Tratamiento		Código	Medias gr.	Código
	Sustrat. A	Recip. B			
5	B+A+S	F 12,5 x 20 cm	a2b1	1,32	A
9	HL+A+S	F 12,5 x 20 cm	a3b1	1,12	A B
13	B+A+S	F 12,5 x 20 cm	a2b1	1,06	A B C
14	F+A+S	F 10 x 15 cm	a4b2	0,86	B C D
11	HL+A+S	BCÓDIGO 1	a3b3	0,86	B C D
12	HL+A+S	BCÓDIGO 1	a3b3	0,85	B C D
8	B+A+S	BCÓDIGO 2	a2b4	0,84	B C D
6	B+A+S	F 10 x 15 cm	a2b2	0,84	B C D
16	F+A+S	BCÓDIGO 2	a4b4	0,8	C D
15	F+A+S	BCÓDIGO 1	a4b3	0,8	C D
10	HL+A+S	F 10 x 15 cm	a3b2	0,68	D E
7	B+A+S	BCÓDIGO 1	a2b3	0,66	D E
2	S+A	F 10 x 15 cm	a1b2	0,61	D E
3	S+A	BCÓDIGO 1	a2b3	0,61	D E
4	S+A	BCÓDIGO 2	a1b4	0,58	D E
1	S+A	F 12,5 x 20 cm	a1b1	0,49	E

Materia seca de la parte aérea.

Con relación a esta variable se determinó que existió diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento que tuvo mayor materia seca fue el T5 con una media de 3,59 g, mientras que los demás tratamientos no difieren estadísticamente entre sí, a diferencia del tratamiento T1 que presentó el menor peso con una media de 1,19 g (Tabla 9).

Tabla 9. Efecto de los sustratos y tipos de recipientes en relación a la materia seca de la parte aérea de las plántulas *Coffea arabica* L. c.v. Caturra a los 231 días de la etapa final de vivero.

N	Tratamiento		Código	Medias gr.	Código
	Sustrat. A	Recip. B			
5	B+A+S	F 12,5 x 20 cm	a2b1	3,59	A
13	F+A+S	F 12,5 x 20 cm	a4b1	2,70	B
9	HL+A+S	F 12,5 x 20 cm	a3b1	2,68	B
10	HL+A+S	F 10 x 15 cm	a3b2	2,39	B C
14	F+A+S	F 10 x 15 cm	a4b2	2,16	B C D
8	B+A+S	BCÓDIGO 2.	a2b4	2,05	B C D E
6	B+A+S	F 10 x 15 cm	a2b2	2,03	B C D E
4	S+A	BCÓDIGO 2	a2b4	1,99	B C D E
12	HL+A+S	BCÓDIGO 2	a3b4	1,99	B C D E
11	HL+A+S	BCÓDIGO 1	a3b3	1,89	C D E
7	B+A+S	BCÓDIGO 1	a2b3	1,85	C D E F
15	F+A+S	BCÓDIGO 1	a4b3	1,78	C D E F
16	F+A+S	BCÓDIGO 2	a4b4	1,67	D E F
2	S+A	F 10 x 15 cm	a1b2	1,59	D E F
3	S+A	BCÓDIGO 1	a1b3	1,43	E F
1	S+A	F 12,5 x 20 cm	a1b1	1,19	F

Materia seca total de las plántulas de café.

En la Figura 4 se puede apreciar que el tratamiento T5 presentó los valores mayores en cuanto a materia seca total de las plántulas, mostrando correspondencia con las materia seca de sus partes aérea y radical; los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron los menores pesos de materia seca.

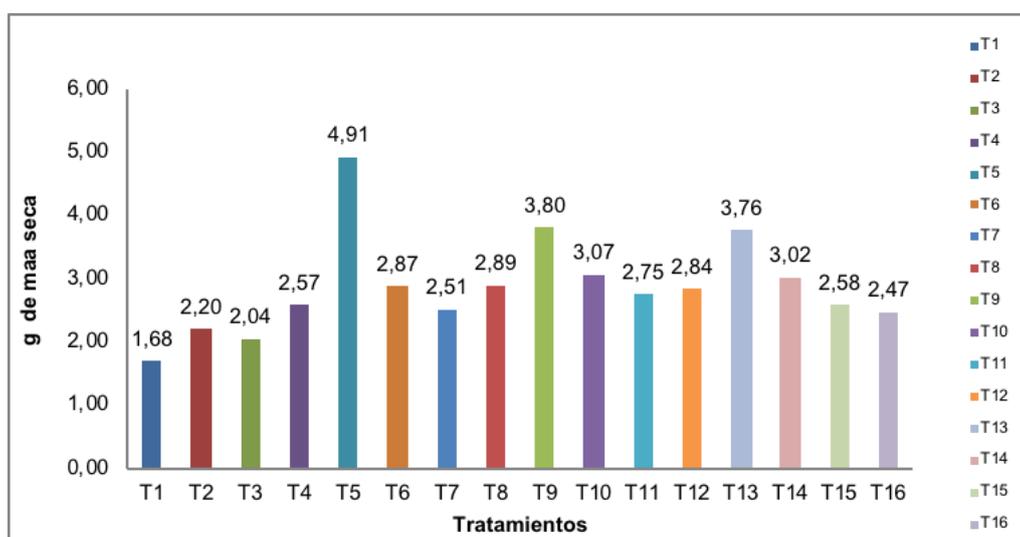


Figura 4. Materia seca total de las plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. Caturra a los 231 días de la etapa final de vivero.

En cuanto a la relación materia seca de parte aérea y parte radical se observó un comportamiento similar en todos los tratamientos, lo que ratifica que el efecto se produce en la materia seca total como la suma de la parte aérea y la parte radical (Figura 5).

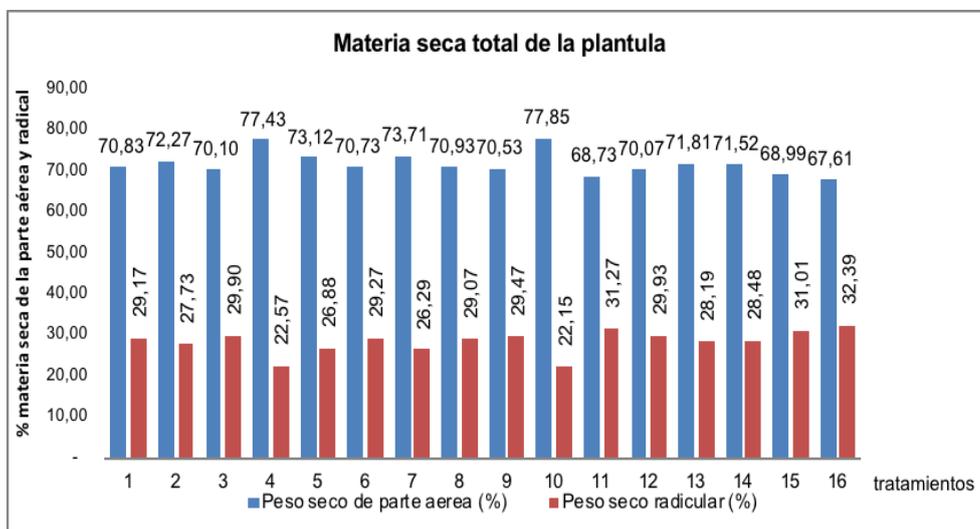


Figura 5. Porcentajes del materia seca de la parte aérea y parte radical de plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. Caturra a los 231 días de la etapa final de vivero.

DISCUSIÓN

El efecto de la utilización de abonos orgánicos en la producción de plántulas es muy favorable en cuanto al crecimiento del caféto (Castellón *et al.*, 2000 y Romero *et al.*, 2000); además se observó que los diferentes tratamiento generaron comportamientos diferentes en todas sus variables, al igual que lo informó Julca *et al.* (2000). Los mejores resultados de los diferentes tipos de sustratos utilizados en el crecimiento de las plántulas de café en condiciones de vivero se presentaron en los tratamientos T5 (bocashi 40 %), T9 (humus de lombriz 25 %) y T13 (fosfoestiercol 20 %).

El porcentaje de bocashi, humus y fosfoestiercol aplicado favoreció muy bien al crecimiento tanto radicular como aéreo de las plántulas de caféto, se determinó que el bocashi fue el mejor sustrato evaluado, debido a la mayor cantidad de abono aplicado a la mezcla, lo cual favoreció la obtención de plántulas de mejor calidad en todas las variables evaluadas, seguido el humus de lombriz y el fosfoestiercol en proporciones más pequeñas. Todos estos tratamiento en las fundas (12,5 x 20 cm) debido a que estas le prestaron el suficiente espacio para el crecimiento radicular; además, dispusieron de la cantidad adecuada de sustrato para conservar la humedad y con ello la disponibilidad de nutrientes.

Con relación a la primera variable evaluada altura de las plántulas, González (2001) determinó la comparación del cono macetero y la bolsa de polietileno, utilizando al musgo húmedo como sustrato, se registró: 14,7 en cono macetero y en bolsa 14,6 cm. Intriago (2012) probó el efecto de diferentes tipos y volúmenes de sustratos en el crecimiento vegetativo de plántulas de café arábigo a nivel de vivero, demostrando que el sustrato a base de suelo natural en las bandejas 300 cm³; convirtiéndose en una nueva tecnología para lograr un mejor crecimiento de la plántula. Por su

parte Blandón (2008), evaluó a los 120 días, utilizando 30 % de humus de lombriz en bolsas y registró una altura de 7,5 cm.

En las bandejas se obtuvo resultados más bajos con relación a las fundas; registrándose en la bandeja de 490 cm³ (T7) a base de bocashi + arena + suelo, con una media de 16,88 cm³. Esto quiere decir que a mayor tamaño del recipiente mejor será la calidad de la plántula, ya que existe mayor disponibilidad de nutrientes disponibles para la plántula y además se puede mantener mayor tiempo en la fase de vivero. Y así mismo afirma Arizaleta y Pire (2008), que en las bolsas de mayor tamaño permiten el mejor crecimiento sostenido de la planta durante los seis meses en el vivero y que pequeñas dosis del fertilizante pueden ser suficientes para llevar a las plántulas a buen término previo a su establecimiento en campo.

Por otra parte al establecer la variable diámetro del tallo de las plántulas de café, se determinó que está en relación directa con la altura de las plantas, mientras mayor altura tenga mayor será su diámetro; donde los mejores resultados se observaron en los tratamientos T5 y T13 a base de bocashi y fosfoestiercol en fundas de 745 cm³, con una media de 3,86 y 3,71 mm de diámetro. González (2001) en su investigación “comparación entre la bolsas y maceteros”, utilizando musgo húmedo como sustrato, a los 6,5 meses de evaluación, determinó diámetros no mayores a 2,7 mm, esto se dio por la falta de nutrientes disponibles en los sustratos.

Con relación al número de pares de hojas en las plántulas de cafeto, Blandón (2008), informó que con la aplicación de 30 % de humus de lombriz al final del experimento obtuvo 4,6 pares de hojas a los 120 días. Mientras que en la investigación el número de pares de hojas fue mayor a 6 pares hasta los 6 meses de evaluación, así como manifiesta Arcila *et al.*, (2007, un par de hojas o nudo se origina en promedio cada 25 o 30 días y en un año se forman alrededor de 12 a 14 pares de ramas primarias pero está en relación con el buen suministro de energía solar, agua y la disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de las plántulas.

En lo que se refiere a la variable materia seca de la parte radical, se determinó que los pesos más altos se observaron en los tratamientos T5 y T9 a base de bocashi y humus de lombriz en funda de 745 cm³, con una media de 1,32 y 1,12 g en peso seco y el menor está en los dos tamaños de las bandejas; por lo cual nuevamente se afirma que la materia seca radical está en relación directa con el tamaño del recipiente. Mientras Salamanca *et al.*, (2008), superó este rango mediante la aplicación de 25 % de humus de lombriz, registrando pesos entre 1,8 y 1,5 g de materia seca a los 7 meses de evaluación.

Ávila *et al.*, (2010), manifiestan que la aplicación de abonos orgánicos ayuda sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas. Al igual que Blandón (2010), con la aplicación del 30 % de humus de lombriz obtuvo cantidades de biomateria seca de 3,90 g. Mientras que en el presente experimento los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos T5, T13 y T9 tanto en materia seca como fresco del área foliar; los mismo que fueron a base de bocashi (40 %), fosfoestiercol (20 %), humus de lombriz (25 %), en funda de 12,5 x 20 cm (745 cm³), con una media entre 3,59, 2,70 y 2,68 g de materia seca respectivamente. Mientras que sin la aplicación de abonos orgánicos los resultados son inferiores a los anteriormente mencionados con una media entre 1,59 a 1,19 g de materia seca, como en el caso de los tratamientos T4, T3 y T1 a base de sustrato de base.

En relación al área foliar, se determinó que el efecto de los sustratos y tipos de recipientes influyeron en el crecimiento del área foliar, por lo que se observó que este indicador está en relación directa con la disponibilidad de nutrientes en los sustratos utilizados. Los mejores resultados

se obtuvieron en los tratamientos T5, T9 y T13, los mismos que fueron a base de bocashi (40 %), humus de lombriz (25 %) y fosfoestiercol (20 %), en funda de 12,5 x 20 cm, con una media entre 346,42, 303,22 y 251,64 cm². Mientras que en las bandejas se registraron niveles más bajos en cuanto al área foliar. Salinas y Saritama (2013), obtuvieron 536,6; 438,7 cm², aplicando diferentes coberturas de sombra y utilizando sustratos a base de humus de lombriz, evaluando a los seis meses. Mientras que Blandón (2008), reportó el área foliar de 120 cm², después de 120 días de trasplante utilizando 30 % de humus de lombriz.

■ CONCLUSIONES

Los mejores resultados en crecimiento de las plántulas de cafeto se registraron en los tratamientos T5 (bocashi 40 %), T9 (humus de lombriz 25 %) y T13 (fosfoestiercol 20 %), todos en funda de 12,5 x 20 cm (745 cm³), ya que presentaron valores mayores en las medidas principales de crecimiento: área foliar y materia seca.

El recipiente que brindó las mejores condiciones para el crecimiento de las plántulas de cafeto fue la funda de polietileno de 12,5 x 20 cm, con un volumen de 745 cm³.

Contribución de autores

Max Encalada C.; Paulina Fernández G.; Nohemi Jumbo B.: Elaboración de proyecto, análisis de datos y redacción final del artículo. Antonio Alejo P., Luis Reyes C.: Apoyo en la implementación del experimento y la recolección de datos.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Alves, J. y Guimarães, R. (2010). *Sintomas de desordenes fisiológicas em cafeeiro*. UFLA (Universidad Federal de Lavras), 169-215.
- Arcila P., Farfán V., Moreno B., Salazar G., Hincapié, G. (2007 a). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Cap. 4 Establecimiento del Cafetal. Chinchiná, CENICAFÉ, 309
- Arizaleta, M. & Pire R. (2008). Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *Agrociencia* v.42 n.1. Versión impresa ISSN 1405-3195. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000100006 (Consultado mayo 15, 2014).
- Ávila R., Sadeghian K., Sánchez A. Castro F. (2010). *Respuesta del café al fósforo y abonos orgánicos en la etapa de almácigo*. CENICAFÉ: 12 p. (En línea) URL: [http://www.cenicafe.org/es/publications/arc061\(04\)358-369.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/arc061(04)358-369.pdf) (Consultado en enero 20, 2014)
- BanEcuador. (2016). *BanEcuador te hace crecer*. Recuperado el 25 de Marzo de 2018, de <https://www.banecuador.fin.ec/noticias-banecuador/boletines-de-prensa/loja-apuesta-fuerte-al-cultivo-cafe/>
- Blandón J. (2008). *Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización*. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria: Zamorano. Honduras. 26 p. Disponible en URL: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/849/1/T2552.pdf> (Consultado enero 20, 2014)

- Castellón J., Muschler R., & Jiménez F. (2000). Abonos orgánicos: efecto de sombra en almácigos de café. *Revista Agroforestería de las Américas* Vol.7 N°26 2000. Disponible en URL: <http://web.catie.ac.cr/informacion/rafa/rev26/arti8-b.htm#Resultados> (Consultado enero 20, 2014)
- COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional). (2011 a). *El sector cafetalero ecuatoriano. Diagnóstico*. Portoviejo, Ecuador. 53p. Disponible en URL: <http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/Diagn%C3%B3stico-Sector-Caf%C3%A9-Ecu2011.pdf> (Consultado en enero 15, 2014).
- COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional). (2011 b). *División Técnica; Informe técnico 2010*. 89 p. Disponible en URL: http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/Informe_DT-2010_COFENAC.pdf (Consultado en abril 5, 2014)
- FAPECAFES, 2009. *Café Orgánico, Café Árabe con Enfoque Agroecológico*. Primera edición, PRODEL. Loja – Ecu, 57.
- González D. (2001). *Comparación entre la bolsa y el "cono macetero" o "tubete" en la producción de plantas de café*. Guatemala. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, El Zamorano. Honduras. 30 p. Disponible en URL: <http://es.scribd.com/doc/68743389/Bolsa-vs-Tubete-en-Cafe#download> (Consultado enero 15, 2014).
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). (1993). *Manual del cultivo de café*. Estación Experimental Pichilingue, 49-51.
- Intriago, L. (2012). *Efectos de diferentes tipos y volúmenes de sustratos en el desarrollo vegetativo de plántulas de café arábigo a nivel de vivero*. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí. Manabí – Ecuador. 89 p. Disponible en: <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/3420/1/EFFECTOS%20DE%20DIFERENTES%20TIPOS%20Y%20VOLUMENES%20DE%20SUBSTRATOS%20EN%20EL%20DESARROLLO%20VEGETATIVO%20DE%20PLANTULAS%20DE%20CAFE%20ARABIGO%20A%20NIVEL%20DE%20VIVERO.pdf> (Consultado mayo 02, 2014).
- Iñiguez, A. (2010). *Evaluar la aplicación de cinco tipos de abonos orgánicos en el rendimiento de fréjol phaseolus vulgaris l. en la Comuna Collana Catacocha*. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Loja. Loja – Ecuador, 151.
- Julca, A., Solano, W. y Crespo, R. (2002). *Crecimiento de "Coffea arabica" variedad Caturra amarillo en almácigos con sustratos orgánicos en Chanchamayo, selva central de Perú*. Investigación agraria, producción y protección vegetales, vol.17, no.3, pp.353-366, ISSN 0213-5000.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura de Cuba). (2013). *Instructivo técnico, café arábigo*. Cuba, 137.
- Monteros G, A. (2017). *sipa.agricultura.gob.ec*. Recuperado el 24 de marzo de 2018, de http://sipa.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_cafe_grano_seco2017.pdf.
- ICO (Organización Internacional del Café). (2007). *Historia del café*. Disponible en URL: http://www.ico.org/ES/coffee_storyc.asp (Consultado abril de 10, 2014).
- (ICO) (Organización Internacional del Café). (2016). *Informe del mercado del café*, febrero 2016. en <http://www.ico.org/documents/cy2015-16/cmr-0216-c.pdf>

- Romero A., Jiménez F. & Muschler R. (2000). Crecimiento de almácigo de café con abono tipo bocashi y follaje verde de *Erythrina poeppigiana*. *Agroforestería de las Américas*, 37- 39.
- Salamanca J. & Sadeghian K. (2008). *Almácigos de café con distintas porciones de lombrínaza en suelos con diferentes contenidos de materia orgánica*. CENICAFE 59. 12 p. Disponible en URL: [http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/217/1/arc059\(02\)91-102.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/217/1/arc059(02)91-102.pdf) (Consultado mayo 15, 2014).
- Salinas, B. & Saritama, S. (2013). *Influencia de la sombra y época de siembra en la dinámica de crecimiento del café en vivero, en Yantzaza y Chaguarpamba*. Universidad Nacional de Loja, Carrera de Ingeniería Agronómica. Tesis de Grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Loja – Ecuador. 98.
- Soto, F. (1980). Estimación del área foliar en *C. arábica* L. a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos tropicales*. Vol. 2, No. 3, 115-128
- Telégrafo, D. e. (2017). *Las exportaciones de café bajan 17% en siete meses. El cambio climático y las plagas afectan a los cultivos a nivel mundial*.

Evaluación química de bocashi con aplicación de microorganismos eficientes en el cantón Saraguro, provincia de Loja

Chemical evaluation of bocashi with application of Efficient microorganisms in Saraguro canton, Loja province

Vásquez Edison ^{1*}
Sosoranga Paqui Claudio ²
Chamba Morales Marlon ¹
Mora Marcony ²

¹Profesor de la Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador

²Ingeniero Agrícola

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

RECIBIDO: 27/03/2018

APROBADO: 25/06/2018

RESUMEN

Los microorganismos eficientes, como inoculantes microbianos restablecen el equilibrio microbiológico y mejoran las condiciones físico-químicas del suelo; con el objetivo de contribuir a la recuperación de la fertilidad del suelo mediante la aplicación de bocashi elaborado con residuos orgánicos de las UPAs se instaló un experimento de bloques al azar con tres réplicas, tres dosis de EM-artesanal, tres dosis de EM-comercial y un testigo, en la comunidad La Matara del cantón Saraguro de la provincia de Loja. Con 0,75 l/m³ de EM-artesanal se obtuvo 0,65 % de nitrógeno total, 0,52 % de fósforo, 1,67 % de potasio, 35 % de materia orgánica y relación C/N de 32; el rango de pH de las pilas de bocashi fue de 5,4 a 7,2. En general, es notorio el efecto positivo de los EM en las características químicas del bocashi.

Palabras Claves: Microorganismos eficientes, abonos, EM-artesanal, fertilidad del suelo, materia orgánica.

ABSTRACT

The efficient microorganisms, as microbial inoculants, restore the microbiological equilibrium and improve the physical-chemical conditions of the soil; with the aim of contributing to the recovery of soil fertility through the application of bocashi made with the organic residues of the UPAs, a randomized block experiment was installed with three replications, three doses of EM-artisanal, three doses of EM-commercial and a witness, in the La Matara community of the Saraguro canton, Loja province. With 0.75 l/m³ of EM-artisanal, 0.65% of total nitrogen, 0.52% of phosphorus, 1.67% of potassium, 35% of organic matter and C/N ratio of 32 were obtained; The pH range of the bocashi batteries was from 5.4 to 7.2. In general, the positive effect of EM on the chemical characteristics of bocashi is notorious.

Key words: efficient microorganisms, fertilizers, handicraft EM, soil fertility, organic matter.

INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario desempeña un papel crucial en la economía ecuatoriana, es la columna vertebral del sistema económico, generador de riqueza y empleo de mano de obra. Cada año su aporte es constante a la producción nacional de alimentos y materias primas para el mercado local, regional e internacional. Cifras registradas por (2016), indican que en los últimos 15 años ha tenido un crecimiento promedio del 3,73 % con una contribución al PIB del 7 al 13 %; en el 2014 representó el 25 % de la Población Económicamente Activa, que bordea 1,6 millones de personas que se dedican a actividades agropecuarias.

En Ecuador, alrededor del 40% de la población nacional vive en zonas rurales, por lo que el gobierno de la revolución ciudadana a través del [MAGAP \(2016\)](#), en el 2012 inició un proceso de análisis de la Agenda sectorial para ajustar su dinámica y comportamiento en el marco de la política pública establecida, para incorporar y transversalizar estrategias de desarrollo de mejoramiento de la productividad, no necesariamente ligada al incremento de insumos agroquímicos, sino en la producción menos tóxica que atenúen los ingentes costos ambientales y la reducción en los costos de producción, especialmente para los productores de menores recursos.

Este análisis sectorial ha conducido al planteamiento de nuevos enfoques en materia de investigación y desarrollo para la agricultura tributando con mayor fuerza al nacimiento de una nueva corriente para la práctica de una “Agricultura alternativa”, cimentada en el concepto de la sostenibilidad de los ecosistemas, que enfatiza el uso racional de los recursos naturales que intervienen en los procesos productivos y lógicamente excluye en lo posible, el uso de agroquímicos y que “...va tomando cuerpo bajo diferentes denominaciones: Agroecología, Agricultura Ecológicamente Apropiable, Agricultura Orgánica (América Latina y Los Estados Unidos de Norteamérica), Ecológica o Biológica (Comunidad Europea y Asia)”; siempre bajo el común denominador de buscar el equilibrio entre el ser humano y la naturaleza ([OCARU, 2013](#)).

A nivel mundial los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales por su disposición inadecuada ([Acurio y Nagao, 2003](#)). En estas condiciones, es prioritario generar alternativas que contribuyan al manejo adecuado para reducir el impacto ambiental y procurar la sostenibilidad de los recursos naturales ([Penagos-Vargas, Adarraga-Buzón, Aguas-Vergara y Molina, 2011](#)).

El análisis Sectorial de Residuos Sólidos del Ecuador, que levantó el Ministerio del Ambiente (2002), menciona que en Ecuador se generan 4,06 millones de toneladas métricas de basura al año. “Para el 2017 se prevé que los desechos se incrementen a 5,4 millones, el 72 % de estos residuos van a parar a botaderos de basura a cielo abierto que son manejados por 160 municipios a escala nacional” ([Velasco, 2015](#)).

En ese marco de reflexiones es imperativo señalar que la agricultura orgánica es un sistema agrícola que utiliza alternativas sustentables, acorde al ambiente en remplazo de los fertilizantes, utiliza al máximo los recursos de la finca, conserva la fertilidad del suelo y la actividad biológica ([González-Sánchez, Zabaleta Díaz, Padilla-Guardo, Ospina-Salazar y Orozco-Martínez, 2011](#)); mediante un proceso de descomposición aeróbica bajo condiciones controladas, en el cual participan bacterias, hongos y actinomicetos ([Félix-Herrán, Sañudo-Torres, Rojo-Martínez, Martínez-Ruiz y Olalde-Portugal, 2008](#)), para mineralizar un sustrato orgánico y obtener un producto estable, libre de patógenos y de semillas que puede ser aplicado al suelo de forma beneficiosa ([Escudero-de-Fonseca, Villamizar y Alicia, 2012](#)).

El bocashi es un abono orgánico que viene ganando notoriedad a nivel mundial. Según [Leblanc, Cerrato, Miranda y Valle, \(2007\)](#) es un producto "...que se obtiene a través de un proceso de fermentación aeróbica...destacándose la utilización de desechos vegetales generados como subproductos de la producción de diferentes cultivos, brindando una solución ambiental y económica para el agricultor" es un elemento muy importante para el crecimiento de las plantas y el mantenimiento de las propiedades del suelo.

Los microorganismos eficientes (EM) se desarrollaron en la década de los 70 y esencialmente están constituidos por levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas ([Rincón Biotecnológico, 2011](#)), en este sentido no contienen microorganismos modificados genéticamente ([Restrepo-Rivera y Hensel, 2009](#)). Como inoculantes microbianos, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejora sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección; por tanto, conserva los recursos naturales y genera una agricultura sostenible ([Moya, 2012](#)).

En esa perspectiva y considerando que el progreso del sector productivo, especialmente campesino, se puede alcanzar teniendo presente a la agricultura orgánica y la optimización de los recursos en finca, cobra vigencia la necesidad de desarrollar investigaciones para promover la cultura de la agricultura orgánica mediante la conversión de los residuos orgánicos generados en las UPAs, que contribuyan al desarrollo de sistemas de producción económicos, ambientales y socialmente sostenibles. En estas consideraciones, el objetivo fue evaluar las características químicas de bocashi elaborado con residuos orgánicos de las UPAs con tres dosis de EM-comercial y EM-artesanal, respectivamente en la comunidad La Matara del cantón Saraguro de la provincia de Loja.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se desarrolló en la comunidad La Matara de la parroquia y cantón Saraguro, provincia de Loja, en las coordenadas geográficas Norte 672200 - 9632792, Sur 700592 - 9588789, Este 711754 - 9599870, Oeste 666942 - 9601326, altitud de 1000 a 3800 m s.n.m., temperatura: mínima 6°C, máxima 16°C, promedio anual de 12°C, precipitación media anual de 757 mm y humedad relativa ambiental de 63 %.

Para la captura de microorganismos eficaces (EM-artesanal), se recolectó hojarasca en estado de descomposición de la montaña protegida de la cabecera cantonal de Saraguro, se vertió dos sacos de hojarasca sobre el piso, luego se clasificó manualmente algunos materiales no deseables para la descomposición.

Sobre la hojarasca se vertió 25 kg de salvado de trigo, luego se incorporó la mezcla de 10 l de agua de lluvia con 5 l de melaza, hasta conseguir una consistencia estable, para lo cual se utilizó la "prueba del puño" expuesta por ([Restrepo-Rivera y Hensel, 2009](#)).

Se colocó en un tanque la mezcla en capas de 20 cm y se compactó para generar condiciones anaeróbicas, hasta dejar 5 cm libres, luego se selló el tanque con plástico y se dejó bajo sombra durante 42 días. Luego de filtrar el material sólido con agua de lluvia se obtuvo dos litros de extracto de EM-artesanal.

La elaboración del bocashi se realizó bajo cubierta, en tres UPAs de la comunidad La Matara, con características similares de suelo y prácticas agrícolas comunes a las que utilizan los agricultores para la producción de alimentos. Los productos y materiales que se utilizaron fueron:

melaza, agua de lluvia, levadura en barra, material verde picado, tierra negra rica en materia orgánica, estiércol (cuy, oveja y bobino) y ceniza.

El diseño experimental fue de bloques al azar con tres réplicas. Se probaron tres dosis de EM-comercial adquirido en un mercado agropecuario de la localidad, tres dosis de EM-artesanal y un testigo sin EM. Se realizaron diseñaron contrastes al 0,05 de significación para comparar los promedios de las características químicas del bocashi (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos de EM. La Matara, Saraguro 2017.

Las diferentes dosis de EM-comercial y EM-artesanal (Tabla 2) se distribuyeron a cada una

Tratamiento	Dosis (l/m ³)	Descripción
T1	0,00	Testigo
T2	0,25	EM-artesanal
T3	0,50	
T4	0,75	
T5	0,25	EM-comercial
T6	0,50	
T7	0,75	

de las unidades experimentales (pilas) con un volumen de 0,375 m³, en tres aplicaciones (uno, siete y 14 días).

Tabla 2: Dosificación de EM-comercial y EM-artesanal.

Se mezcló la pila de materiales por dos ocasiones, luego se dispersó hasta dejar una altura de

Dosis ml/m ³	Dosis ml/0,375 m ³	Aplicación cada 7 días ml/0,375 m ³
250	93,75	31,3
500	187,50	62,5
750	281,25	93,8
Total	562,50	187,5

0,50 m, del séptimo al catorceavo día se mezcló una vez por día. De los 15 a 21 días, la temperatura bajó gradualmente y la altura de la pila disminuyó hasta 0,20 m; finalmente, a los 28 días la mezcla fermentada logró su maduración y la temperatura se aproximó a la temperatura ambiente, con un color gris claro, aspecto de polvo arenoso seco y consistencia suelta.

El análisis químico del bocashi se realizó en el “Laboratorio de Calidad de Fertilizantes MAGAP” de la Agencia ecuatoriana de aseguramiento de la calidad del agro ([AGROCALIDAD](#)) de Tumbaco, Quito.

RESULTADOS

Análisis químico del EM-artesanal

El análisis químico del extracto de EM-artesanal que se aplicó a las pilas de bocashi se presenta en la Tabla 3. El EM-artesanal, físicamente se parece al EM-comercial, tanto en olor como en color y su aspecto efervescente producto de la fermentación.

Tabla 3. Análisis químico del extracto de EM Artesanal. La Matara, Saraguro 2017.

* Resultado obtenido por cálculo

Elementos	Método	Resultados
NT (Nitrógeno total)	PEE/F/14	2,11 %
P ₂ O ₅	PEE/F/04	1,16 %
K ₂ O*	PEE/F/19	0,90 %

Temperatura de las pilas de bocashi

El proceso concluyó a los 33 días, plazo mayor al previsto de 21 días, debido a las bajas temperaturas de la zona de estudio, que en promedio es de 12°C. La temperatura máxima que se presentó en la pila de bocashi fue de 24°C.

Nitrógeno total

En la Figura 1 se presentan las comparaciones entre las distintas alternativas de contrastes para el porcentaje de Nitrógeno total del bocashi.

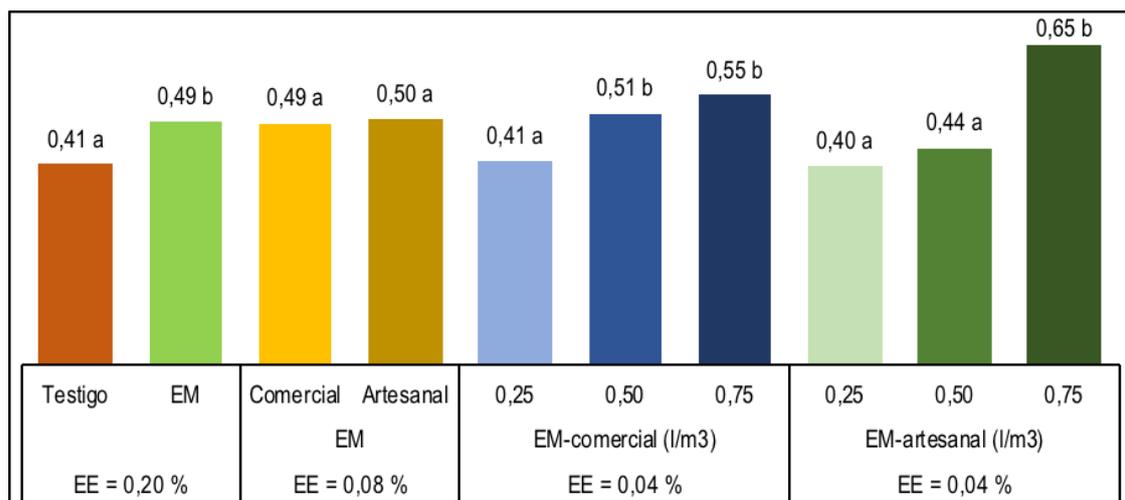


Figura 1. Contrastes al 5 % de significación para el porcentaje de Nitrógeno total del bocashi. La Matara- Saraguro, 2017.

Para el Nitrógeno total se obtuvo incrementos del 21 % en los EM (comercial y artesanal) con respecto al testigo (Figura 1). No obstante, entre el EM-comercial y EM-artesanal no existe diferencia significativa. En lo referente a las dosis de EM, en la medida que se incrementa la dosis, se aprecia diferencias con respecto al testigo; con 0,75 l/m³ se registra incrementos del 34 % con EM-comercial y 60 % con EM-artesanal.

Fósforo (P₂O₅)

Es notoria la diferencia del 34 % de Fósforo (P₂O₅) a favor de los EM con respecto al testigo (Figura 2). Sin embargo, entre los dos tipos de EM, no se detectan diferencias significativas. Entre el EM-artesanal y EM-comercial se detectan diferencias de 44 % y 59 %, respectivamente con dosis de 0,75 l/m³.

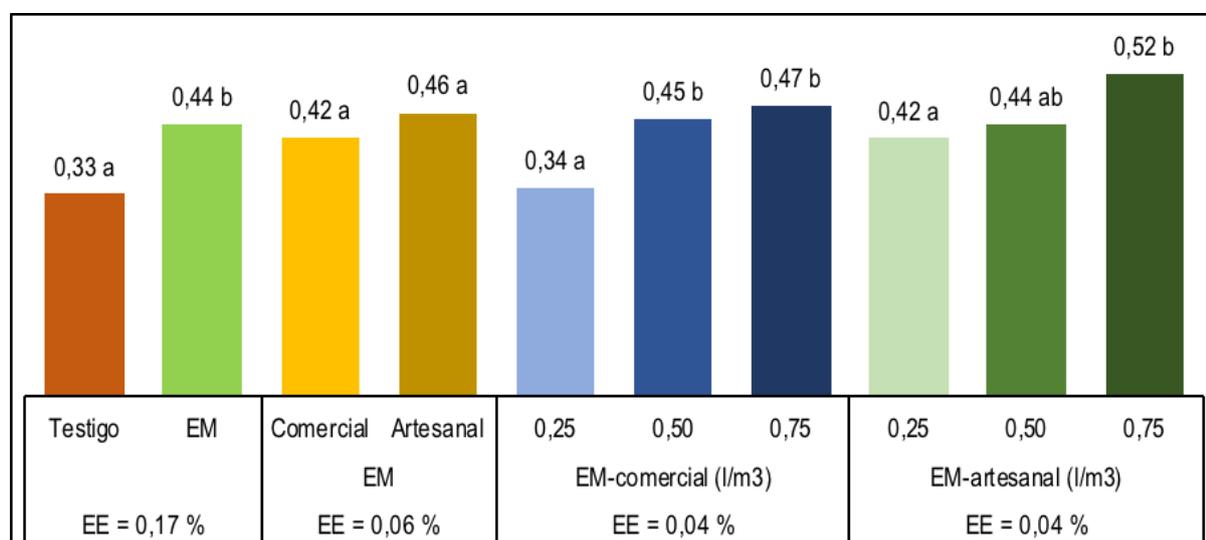


Figura 2. Contrastes al 5% de significación para el porcentaje de Fósforo (P₂O₅) del bocashi. La Matara- Saraguro, 2017.

Potasio (K₂O)

En la Figura 3, se observa incrementos del 132 % de Potasio (K₂O) a favor de los EM con respecto al testigo. Entre los dos tipos de EM, se detecta diferencia significativa del 60 % a favor del EM-artesanal; al aumentar la dosis de EM a 0,75 l/m³, se incrementó el Potasio (K₂O) con respecto al testigo en 197 % con EM-comercial y 282 % con EM-artesanal.

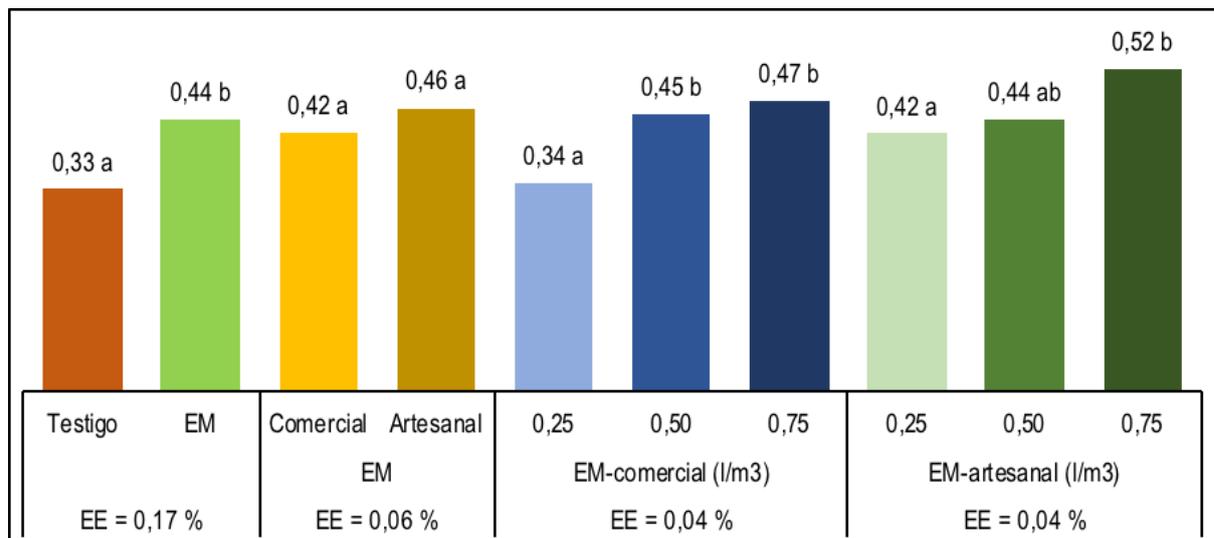


Figura 3. Contrastes al 5 % de significación para el porcentaje de Potasio (K₂O) del bocashi. La Matara- Saraguro, 2017.

Materia orgánica

Es evidente (Figura 4) el incremento del 12% de materia orgánica a favor de los EM (comercial y artesanal), con respecto al testigo. Entre los dos tipos de EM, no se detecta diferencia significativa. Con 0,75 l/m³ de EM se incrementó el contenido de materia orgánica con respecto al testigo, en 19 % con EM-comercial y 21% con EM-artesanal.

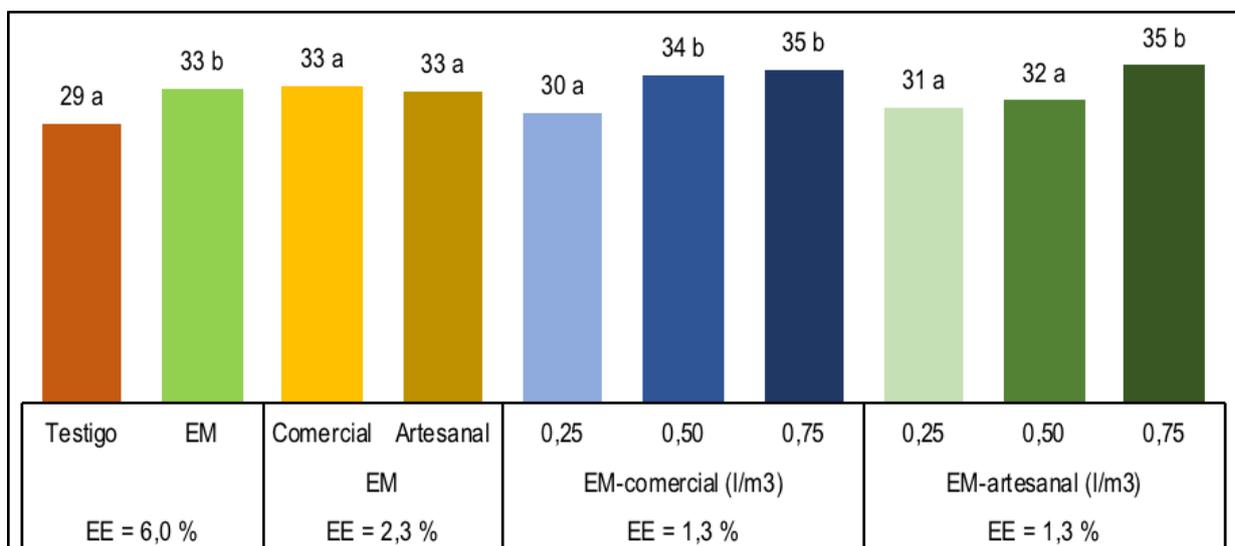


Figura 4. Contrastes al 5 % de significación para el porcentaje de MO del bocashi. La Matara- Saraguro, 2017.

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Se observa (Figura 5) que no existe diferencia en la relación C/N de los EM, con respecto al testigo; situación similar se observa entre los dos tipos de EM. Además, al incrementar la dosis de EM, se observa un decremento de la relación C/N, registrando con 0,75 l/m³ un decremento de cinco unidades con el EM-comercial y 13 unidades con el EM-artesanal, con respecto al testigo.

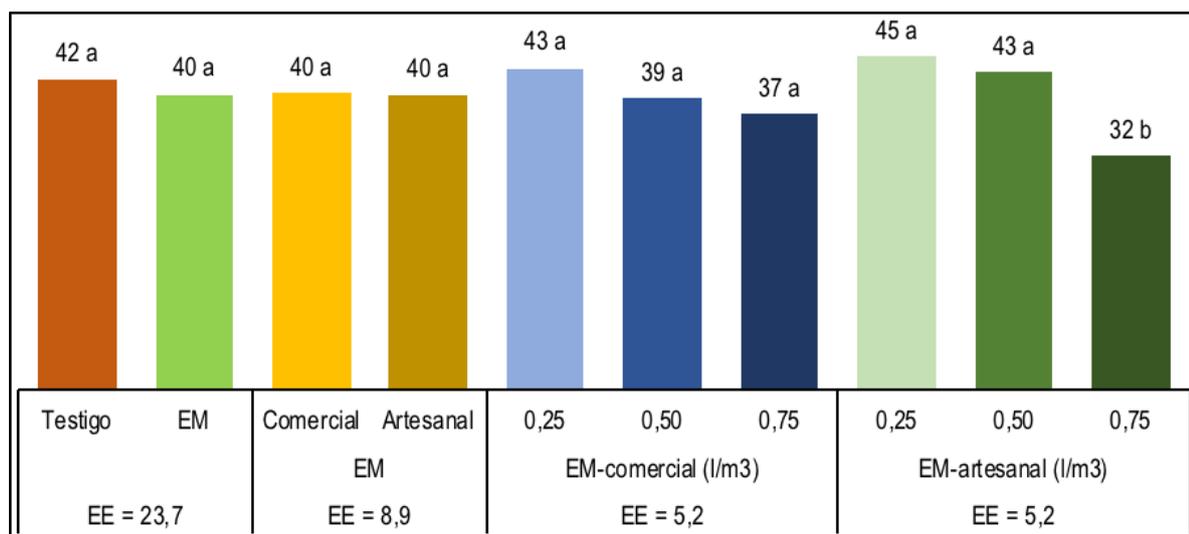


Figura 5. Contrastes al 5% de significación para la Relación Carbono/Nitrógeno del bocashi. La Matara- Saraguro, 2017.

pH

El pH de las pilas de bocashi fluctuó entre 5,4 a 7,0. El valor más bajo se presentó en el testigo, esto es donde no se aplicó microorganismos benéficos y el pH mayor se registró para el bocashi con dosis de 0,75 l/m³.

DISCUSIÓN

Del análisis químico realizado a las pilas de bocashi con diferentes dosis de EM-artesanal y EM-comercial, en la comunidad La Matara del cantón Saraguro de la provincia de Loja, se anota algunos aspectos.

Para el Nitrógeno total se obtuvo incrementos del 21 % en los EM (comercial y artesanal) con respecto al testigo (Figura 1). No obstante, entre el EM-comercial y EM-artesanal no existe diferencia significativa. En lo referente a las dosis de EM, en la medida que se incrementa la dosis, se aprecia diferencias con respecto al testigo; con 0,75 l/m³ se registra incrementos del 34 % con EM-comercial y 60 % con EM-artesanal.

Restrepo-Rivera (2007) reporta resultados obtenidos en bocashi por Rodríguez y Paniagua (1994) de 0,93 a 1,18 % de Nitrógeno total; Leblanc et al., (2007), 3,19 % en finca integrada orgánica, 1,40 % en finca integrada pecuaria y 1,30 % en bocashi de finca comercial; Escudero-de-Fonseca et al., (2012) registran 0,69 a 1,06 % en bocashi; Muñoz, Muñoz y Montes (2015) registran 0,92 % en compost de finca cafetera; que si en realidad no son comparables con los resultados

obtenidos, se puede considerar como referenciales.

Es notoria la diferencia del 34 % de Fósforo (P_2O_5) a favor de los EM con respecto al testigo (Figura 2). Sin embargo, entre los dos tipos de EM, no se detectan diferencias significativas. Entre el EM-artesanal y EM-comercial se detectan diferencias de 44 % y 59 %, respectivamente con dosis de $0,75 \text{ l/m}^3$.

En bocashi Restrepo-Rivera (2007) reporta valores obtenidos por Rodríguez y Paniagua (1994) de 0,44 a 0,70 % de Fósforo (P_2O_5); Leblanc *et al.*, (2007), 0,49 % en finca integrada orgánica, 0,09 % en finca integrada pecuaria y 0,29 % en bocashi de finca comercial; Muñoz *et al.*, (2015) 0,92 % en compost de finca cafetera; intervalo que incluye a los valores obtenidos.

En la Figura 3, se observa incrementos del 132 % de Potasio (K_2O) a favor de los EM con respecto al testigo. Entre los dos tipos de EM, se detecta diferencia significativa del 60 % a favor del EM-artesanal; al aumentar la dosis de EM a $0,75 \text{ l/m}^3$, se incrementó el Potasio (K_2O) con respecto al testigo en 197 % con EM-comercial y 282 % con EM-artesanal.

Al respecto, Restrepo-Rivera (2007) en bocashi registra valores obtenidos por Rodríguez y Paniagua (1994) de 0,47 a 0,51 % de Potasio (K_2O); Leblanc *et al.*, (2007), 1,31 % en finca integrada orgánica, 2,09 % en finca integrada pecuaria y 4,22 % en bocashi de finca comercial; Muñoz *et al.*, (2015) reportan valores de 2,31 % en compost de finca cafetera, valores que se aproximan a los obtenidos, a pesar de ser de obtenidos en otras condiciones.

Es evidente (Figura 4) el incremento del 12% de materia orgánica a favor de los EM (comercial y artesanal), con respecto al testigo. Entre los dos tipos de EM, no se detecta diferencia significativa. Con $0,75 \text{ l/m}^3$ de EM se incrementó el contenido de materia orgánica con respecto al testigo, en 19 % con EM-comercial y 21% con EM-artesanal.

Escudero-de-Fonseca *et al.*, (2012) registran valores de 27,54 a 29,52 % y Muñoz *et al.*, (2015) reportan 24,68 % en compost de finca cafetera, valores que se aproxima a los encontrados en el presente estudio.

Para la relación C/N no existe diferencia entre los EM y el testigo (Figura 5); situación similar se observa entre los dos tipos de EM. Como referencia se reportan valores obtenidos por Leblanc *et al.*, (2007) de 18 en finca integrada orgánica, 25 en finca integrada pecuaria y 40 en bocashi de finca comercial y Muñoz *et al.*, (2015) reportan una relación C/N de 15,59 en compost de finca cafetera.

En los abonos orgánicos gran parte del N se encuentra en forma orgánica, por consiguiente, para que ese N sea utilizable por la planta debe ser mineralizado a una forma inorgánica disponible para la planta. Ese proceso de conversión está determinado por la relación C/N. La relación teórica e ideal para la fabricación de un buen abono de rápida fermentación debe ser de 25 a 35; las relaciones menores pueden resultar en pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización; relaciones mayores resultan en una fermentación y descomposición más lenta, y que en muchos casos es conveniente (Restrepo-Rivera y Hensel, 2009). Por su parte, Leblanc *et al.*, (2007) concluyen: cuando la relación C/N está entre 20 a 30 puede ocurrir tanto mineralización o inmovilización de N inorgánico, dependiendo de las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo el proceso incluyendo los materiales usados en la elaboración del abono.

En lo que a las dosis de EM se refiere, al incrementar la dosis de EM, se observa un decremento de la relación C/N, registrando con $0,75 \text{ l/m}^3$ un decremento de cinco unidades con el

EM-comercial y 13 unidades con el EM-artesanal, con respecto al testigo. Al respecto [Agromática](#), (2017) expresa, lo ideal es tener una relación C/N entre 25 y 40 en la materia orgánica, valor mucho más alto que el 8,5 a 11,5 de un suelo.

En este punto de la discusión, es pertinente citar a [Restrepo-Rivera y Hensel](#), (2009): “los análisis convencionales a que muchas experiencias exitosas de la agricultura orgánica son sometidas por parte de los agrónomos convencionales, no pasan de comparaciones a medias, y comentarios mediocres.”

Para la relación C/N, de manera general se aprecia que no existe diferencia entre el testigo y los EM. Además, con el incremento de las dosis de EM se logra una disminución del contenido de carbono orgánico por unidad de nitrógeno total, 37 para EM-comercial y 32 para EM artesanal, valores que se aproximan a los reportados por [Agromática](#), (2017). En este sentido, [Puerta-Echeverri](#), (2004), manifiesta que la inmovilización del Nitrógeno por residuos con elevada relación C/N generan una competencia por este elemento entre los microorganismos y la planta.

En general, es notorio el efecto de los EM en las características químicas del bocashi, con dosis de 0,75 l/m³, con EM-comercial: 0,55 % de Nitrógeno total, 0,47 % de P₂O₅; 1,29 % de K₂O, 35 % de materia orgánica y C/N de 37; con EM-artesanal: 0,65 % de Nitrógeno total, 0,52 % de P₂O₅; 1,67 % de K₂O, 35 % de materia orgánica y C/N de 32; lo que sugiere que con mayores dosis de EM se puede llegar a incrementar estos valores. Otro aspecto a recalcar es el comportamiento similar entre el EM-comercial y EM-artesanal, con lo cual se puede utilizar los EM capturados en las UPAs de los agricultores y potenciar la cultura de la producción orgánica.

El pH de las pilas de bocashi fluctuó entre 5,4 a 7,0. El valor más bajo se presentó en el testigo, esto es donde no se aplicó microorganismos benéficos y el pH mayor se registró para el bocashi con dosis de 0,75 l/m³, lo que evidencia que los microorganismos benéficos mejoran las características químicas del bocashi; al respecto [Restrepo-Rivera y Hensel](#) (2009) mencionan que la elaboración de este tipo de abono requiere pH que oscile entre 6,0 a 7,5, valores extremos inhiben la actividad microbiológica durante el proceso de la degradación de los materiales.

En general, el pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (4,5 a 8,5). En los primeros estados del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro ([Román, Martínez y Pantoja](#), 2013).

CONCLUSIONES

Con la aplicación de 0,75 l/m³ tanto de EM-comercial como EM-artesanal se logró incrementar las características químicas del bocashi, con EM-comercial: 0,55 % de Nitrógeno total, 0,47 % de P₂O₅; 1,29 % de K₂O y 35 % de materia orgánica; con EM-artesanal: 0,65 % de Nitrógeno total, 0,52 % de P₂O₅; 1,67 % de K₂O y 35 % de materia orgánica. Otro aspecto a recalcar es el comportamiento similar entre el EM-comercial y EM-artesanal.

Para la relación C/N, con 0,75 l/m³ de EM-comercial se obtuvo un valor de 37 y con 0,75 l/m³ de EM-artesanal 32 de C/N.

Contribución de los autores

E.R.V: Responsable del proceso de investigación, análisis de información y elaboración del manuscrito. C.S.P: Apoyo en el proceso de investigación, M.D.Ch.M.: Aporte en la elaboración del manuscrito, revisión y discusión. R.M.M.E.: Asesoramiento en la discusión de resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- EL AGRO, (2016) *La agricultura el motor de la economía ecuatoriana*, Revista, Guayaquil, Ecuador.
- Escudero-de-Fonseca, A., Villamizar, A. y Alicia, C. (2012). Los microorganismos en los abonos orgánicos a partir de podas en la Universidad del Norte, Colombia. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28, 69-77.
- FAO- COMUNIDAD ANDINA, (2013). *Agricultura familiar agroecológica campesina en la Comunidad Andina. Una opción para mejorar la seguridad alimentaria y conservar la biodiversidad*. Lima, Perú.
- Félix-Herrán, J. A., Sañudo-Torres, R. R., Rojo-Martínez, G. E., Martínez-Ruiz, R. y Olalde-Portugal, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 4(1), 57-67.
- González-Sánchez, E. J., Zabaleta Díaz, S., Padilla-Guardo, Y., Ospina-Salazar, K. y Orozco-Martínez, Y. (2011, febrero). *Microorganismos Eficientes (EM)*. Departamento el Bolívar. Recuperado a partir de <https://es.slideshare.net/biotecnologo2011/em-presentacion>
- Leblanc, H., Cerrato, M., Miranda, A. y Valle, G. (2007). Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. *Tierra Tropical*, 3(1), 97-107.
- MAGAP, (2016). *La política agropecuaria ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025*. I Parte. Quito, Ecuador.
- Moya, J. C. (2012, abril). *Cómo hacer microorganismos eficientes?* N° 4.
- Muñoz, J. M., Muñoz, J. A., Montes, C. (2015). Evaluation of organic manures in lettuce and cabbage plants at Popayán, Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 73-82.
- OCARU, Observatorio del cambio rural, (2013). *La agricultura orgánica en el Ecuador*, Quito, Ecuador.
- Penagos-Vargas, J. W., Adarraga-Buzón, J., Aguas-Vergara, D. y Molina, E. (2011). Reducción de los residuos sólidos orgánicos en Colombia por medio del compostaje líquido, *Unilibre* 11(1), 37-44.
- Puerta-Echeverri, S. M. (2004). *Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos*, 1, 56-65.
- Restrepo-Rivera, J. (2007). Manual práctico: *El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas* (1.a ed.). Managua: SIMAS.
- Restrepo-Rivera, J. y Hensel, J. (2009). Manual práctico de agricultura orgánica y panes de piedra (1.a ed.). Cali: Feriva S.A.
- Rodríguez, M. y Paniagua, G. (1994). Horticultura orgánica: una guía basada en la experiencia en Laguna de Alfaro Ruiz. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 2(1), 76.
- Román, P., Martínez, M. M. y Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor*. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Velasco, B. (2015, junio 15). *Una planta que genera energía eléctrica con basura toma forma en la Costa del Ecuador*. Recuperado a partir de <http://www.elcomercio.com/actualidad/planta-genera-energia-electrica-basura.html>

Tipificación de los sistemas productivos en el proyecto de riego Campana-Malacatos del cantón Loja, provincia de Loja

Typification of the productive systems in the Campana-Malacatos irrigation project of the Loja canton - Loja province

Chamba Morales Marlon^{1*}
Morocho-Durazno Luz²
Vásquez Edison¹

¹ Docentes Investigadores de la Universidad Nacional de Loja,
Loja-Ecuador

² Ingeniera Agrícola

*Autor para correspondencia: marlon.chamba@unl.edu.ec

RECIBIDO: 27/03/2018

APROBADO: 25/06/2018

RESUMEN

Comprender los fenómenos y cambios que ocurren en los sistemas de producción campesina exige un análisis que incorpore aspectos sociales, económicos, tecnológicos y ambientales. Se investigó con el objetivo de tipificar los sistemas productivos en el sistema de riego Campana-Malacatos. Se recopiló información mediante la aplicación de 317 encuestas; además se realizó entrevistas a profesionales y actores relevantes de la zona conocedores de temas económicos, sociales y desarrollo productivo; y, se revisó publicaciones e informes técnicos en bibliotecas, instituciones públicas e internet. Existen 5735 Unidades de Producción Agropecuaria (UPAs) en 10 juntas de regantes que cubren una superficie de 748,65 ha, con tierra propia (90 %) y arrendada (10 %), con cultivos de ciclo corto y anuales, pastos y bosque, complementados con la crianza de animales domésticos; utilizan mano de obra familiar y asalariada, tecnología tradicional y prácticas culturales ancestrales. Concluye con la detección de tres tipos de productores: pequeño campesino de subsistencia (44 %) que se caracteriza por la escasa disponibilidad de tierra y venta de mano de obra; pequeño campesino intensivo (36 %), con excedentes de producción y acceso favorable a la tierra; y pequeño campesino extensivo (20 %) que dispone de capital, maximiza el valor agregado por hectárea, tiene acceso a mayor superficie de tierra y contrata mano de obra. El Valor Neto por Unidad de Trabajo Familia (VAN/UTF) para la tipología 1 es 2 025 USD/año, para la tipología 2 de 3 969 USD/año y para la tipología 3, de 8 077 169 USD/año.

Palabras clave: Sistemas productivos, tipificación de productores, junta de regantes, valoración económica

■ ABSTRACT

Understanding the phenomena and changes that occur in peasant production systems requires an analysis that incorporates social, economic, technological and environmental aspects. In these circumstances, the objective was to typify the productive systems in the irrigation system Campana-Malacatos, it was required to collect information from primary sources through the application of 317 surveys; complementary information through interviews with professionals and relevant actors in the area who are knowledgeable about economic, social and productive development issues; and, secondary information obtained from various publications and technical reports in libraries, public institutions and the internet. There are 5735 Units of Agricultural Production (UPAs) in 10 irrigation boards that cover an area of 748,65 ha, with own land (90 %) and leased (10 %), with short and annual crops, pastures and forest, complemented with the raising of smaller and older animals; they use family and salaried labor, traditional technology and ancestral cultural practices. Concludes with the detection of three types of producers were detected: small subsistence farmers (44 %) characterized by poor availability of land and selling their labor; small intensive peasant (36 %), with surplus production and favorable access to land; and an extensive small farmer (20 %) who has capital, maximizes value added per hectare, has access to more land and hires labor. The Net Value per Family Work Unit (VAN / UTF) for typology 1 is 2 025 USD / year, for typology 2 from 3 969 USD / year and for typology 3, from 8 077 169 USD / year.

Key words: Productive systems, classification of producers, Irrigation System Campana-Malacatos.

■ INTRODUCCIÓN

En el contexto rural de América Latina y particularmente en el Ecuador, la producción agropecuaria, en su mayoría, está en manos de pequeños y medianos productores, quienes destinan alrededor de un 60 % de su producción al consumo familiar y el resto de sus alimentos son adquiridos en los mercados locales; es un sector frecuentemente relegado de los servicios del estado, como crédito y de programas sostenibles y continuos de transferencia de tecnología y capacitación, a más de presentar débiles bases organizativas; situación que ha configurado cinturones de pobreza en el campo, con severos riesgos de inseguridad alimentaria, especialmente en agricultores que poseen minifundios poco diversificados, desencadenando flujos migratorios que agudizan el problema urbano marginal, donde el consumo depende básicamente de los ingresos familiares.

Según datos del INEC (2007) y *Revolución Agraria* (2011), el 61,5 % de la población rural del Ecuador vivía en la pobreza y según la FAO, la desnutrición al nivel nacional era del 18,1 % de la población, de 26,1 % en zonas rurales y 40,1 % entre los indígenas. Por su parte el Colegio de Economistas de Pichincha informa que la indigencia y la pobreza es dramática en el área rural ecuatoriana; las cifras demuestran que para el año 2006 afectó al 26,9 % de la población para el caso de la indigencia, casi seis veces a la incidencia en el sector urbano (4,8 %); igualmente al 61,5 % de la población rural, un poco más del doble de la incidencia de pobreza en el sector urbano (24,9 %) (INIAP, 2008).

Sin embargo dada su situación geográfica privilegiada con todos los climas, con la cultura de la actividad agropecuaria, el Ecuador es uno de los países con mayores potenciales para cumplir la función de constituirse en la despensa de los alimentos que requiere la humanidad, ello lo corrobora el [MAGAP](#) (2017), cuyas cifras dan cuenta de un crecimiento anual de 1,9 %, con respecto al año 2016 (7,6 al PIB Nacional). Igualmente se legitima en la [Constitución de la República del Ecuador](#) (2008), que como resultado históricamente determinado por el avance de la lucha de diversos sujetos políticos populares, entre ellos el campesinado, plantea un nuevo régimen de desarrollo, que en el caso del agro garantizará la distribución equitativa de la tierra y los recursos productivos, la prohibición del latifundio, el acceso a la tierra y factores de producción a todos las campesinas y campesinos.

La provincia de Loja, ubicada hasta el momento en la Zona de Planificación 7¹, el 46 % de la población vive en zonas rurales ([INEC](#), 2010); su actividad agropecuaria es de tipo campesino basada en un enfoque de producción mixta que incluye cultivos para la alimentación humana, animales como fuente de alimentos, trabajo y estiércol, huertos y bosques. Según el [Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y competitividad](#) (2011), este sector alcanza una Población Económicamente Activa – PEA del 39 % de la Región y el 2 % de la fuerza laboral del país, económicamente aporta con el 16 % del Producto Nacional Bruto y el 1 % a nivel nacional.

No obstante en la provincia de Loja, la agricultura familiar campesina, que funciona con diversas racionalidades en la organización de la producción y del trabajo, sigue mostrando desventajas en el proceso económico general y en la circulación comercial, relacionados con el intercambio desigual. Un ejemplo de ellos lo constituyen los productores agropecuarios del sistema de riego Campana Malacatos quienes, a pesar de tener uno de los recursos más importantes para el desarrollo de la producción agropecuaria, como es el agua, adolecen de capacitación técnica, recursos económicos, limitado acceso a la tierra, tecnología tradicional, entre otros, que ha desembocado en abandono del campo provocando que cada vez disminuya la producción.

Considerando la falta de estudios relacionados con propuestas de mejoramiento de los sistemas productivos y la identificación de mecanismos y estrategias comerciales en los territorios y localidades, hacen necesario plantear una correcta tipificación de los sistemas productivos producción, que permita reflexionar y direccionar correctamente los objetivos que se pretende alcanzar en la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, como un desafío técnico, económico, social y cultural que incluya formas de producción, comercialización y consumo acordes con las estrategias de desarrollo planteadas en el Plan Toda una vida.

Es ese contexto, se planteó como objetivo realizar la tipificación de los sistemas productivos involucrados en el sistema de riego Campana-Malacatos, cuyos resultados sociales, económicos, técnicos y tecnológicos permiten reconocer, por un lado, el grado de heterogeneidad de los productores que campean en esta zona y, por otra, las posibilidades de generar propuestas que vayan acorde a las características de los agricultores, enfocándose en el manejo y conservación de los recursos naturales para una buena y consiente conservación de los recursos.

1. La zona de planificación 7 Sur está integrada por Loja, El Oro y Zamora Chinchipe, conformada por 39 cantones y 149 parroquias rurales distribuidas en un área de 17 368 km. correspondiente al 11% del territorio ecuatoriano. El 42 % de esta población se dedica a las actividades agrícolas, ganadería, caza, silvicultura, pesca, explotación de minas y canteras. El 45 % realizan acciones destinadas a la prestación de servicios. El 13 % comprende industrias, manufactureras, construcción, entre otras.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio comprende el área de influencia del Sistema de Riego Campana-Malacatos que abarca los sectores de El Sauce, Belén, El Carmen, La Granja, Piedra Grande, San Francisco y Palenque; cubre los requerimientos hídricos de los cultivos en una superficie de 748,7 ha, beneficiando a 1829 usuarios distribuidos en 10 juntas de regantes. Se ubica en el cantón Loja, al norte de la parroquia de Malacatos; limita al Norte por el canal San José, que riega la parte baja de Malacatos, al Sur por la quebrada del mismo nombre, al Este con la quebrada Chorrillos y al Oeste con la quebrada San Francisco. Geográficamente se sitúa entre las coordenadas Norte: 9536 000 m–9541 000 m, Este: 695 000 m – 710 000 m, en la proyección UTM WGS 84 correspondiente a la zona 17 Sur, a una altitud en parte baja de 1 516 msnm.; y, en parte alta de 1 718 msnm.

Se recopiló información primaria a través de la aplicación de 317 encuestas, se sumó a ello el diálogo de saberes, entrevistas y la observación directa. Las variables consideradas fueron: población total de productores, superficie total y cultivada por rubro, mano de obra, producción total, costos, beneficios, entre otros, para lograr definir la tipología del productor de mayor relevancia dentro del sistema productivo implementado.

Para precisar la información colectada se revisó informes técnicos, publicaciones del ámbito agropecuario, resultados de investigaciones, información online y otros documentos de investigación públicos y privados. La muestra fue calculada con la fórmula para el muestreo aleatorio propuesta por Scheaffer, Mendenhall y Ott (1987). Con base en la información obtenida a enero de 2017, se analizó la orientación de la producción relacionada con el número de fincas agrícolas, pecuarias y mixtas, tipificando grupos de agricultores con características económicas y productivas relativamente homogéneas.

RESULTADOS

Población total del área de influencia por juntas de regantes

La población total que conforma la fuerza de trabajo del Sistema de Riego Campana-Malacatos asciende a 5 735 personas, de las cuales el 53 % son hombres y el 47 % son mujeres, distribuida en las 10 juntas de regantes, siendo la junta 5 con el mayor número de integrantes (1073 personas) y la junta 7 con menor número de población (201 personas) (Tabla 1).

Tabla 1. Población total del área de influencia.

Juntas	N° de Familias	Población				Total
		Hombres	%	Mujeres	%	
1	158	204	57	154	43	358
2	125	269	60	179	40	448
3	125	226	51	217	49	443
4	188	293	51	281	49	574
5	259	526	49	547	51	1 073
6	203	352	52	325	48	677
7	98	137	68	64	32	201
8	218	376	52	347	48	723
9	196	224	59	155	41	379
10	259	438	51	421	49	859
Total	1829	3 044	53	2 691	47	5 735

Superficie de las tierras en explotación

Está distribuida en un 75 % para la producción de cultivos (563,2 ha), 24 % para pastos (176,2 ha) y 1 % para bosques (4 ha) y descanso (5,3 ha) (Tabla 2). De acuerdo a las condiciones topográficas de los terrenos y a su superficie, las juntas que mayormente se benefician del recurso hídrico son las juntas 5 (28 %), 7 (13 %) y 8 (11 %). La mayoría son dueños de la tierra (90 %) y solo un pequeño grupo de agricultores optan por arrendamiento (10 %).

Tabla 2. Superficie de tierra dedicada a la actividad agrícola en hectáreas.

Descripción	Superficie (ha)	%
Cultivos	563,2	75
Pastos	176,2	24
Bosques	4,0	0,5
Descanso	5,3	0,5
Total	748,7	100,0

Uso actual de la tierra

En el sistema de riego Campana-Malacatos se observa una gama de cultivos en el cual destaca la caña de azúcar con 272,36 ha, pasto 176,2 ha, asociado 162,05 ha, frutal 55,21 ha, maíz 34,43 ha y fréjol 10,68 ha (Tabla 3); refleja una actividad agrícola de naturaleza espacial y dispersa, ligada a las variaciones de las condiciones físicas, bióticas y social-económicas.

Orientación de los sistemas de producción

De conformidad a los arreglos productivos que se dan en la unidad territorial (UPAS), la producción se orienta a los ámbitos agrícola (89 %) y agropecuario (11 %), con sus características propias de cada piso agroecológico (Figura 1), lo que refleja una zona eminentemente agro céntrica. La mayoría de los suelos son franco arcillosos y con un buen drenaje. La clase I son suelos planos o casi planos, con pendientes entre 0 y 3 %, con muy pocas limitaciones de uso, apropiados para cultivos limpios; la clase III suelos mecanizables, sin procesos erosivos, profundos, bien drenados, buena capacidad de retención de humedad, buen contenido de nutrientes y fáciles de trabajar. Suelos ondulados con pendientes entre el 7 y el 12 %, apropiado para cultivos permanentes, praderas, plantaciones forestales, ganadería extensiva. Presenta también clases agrologicas V, VI, VII y VIII que son suelos con limitaciones que deben permanecer bajo bosque natural o plantado y que amerita prácticas de manejo como: rotación de cultivos, cultivos en franjas, barreras vivas, zanjas de desvío, zanjas de drenaje, métodos intensivos de riego, aplicación de fertilizantes y enmiendas.

Tabla 3. Uso actual de la tierra por superficie sembrada y cultivos, en ha

Cultivo	Junta	Total									
Pasto	7,6	19,95	18,34	20,27	10,48	21,02	23,58	19,14	8,85	14,5	176,2
Asociad	8,05	14,26	12,95	29,85	21,65	18,51	5,82	11,88	18,55	20,53	162,05
Yuca	2,34	0,76	0	0,74	2,07	0,79	0	0,45	0	0	7,15
Caña	24,66	0,35	4,34	1,03	38,1	15,9	31,54	42,28	43,15	71,01	272,36
Frejol	5,74	2,17	0,5	1,66	0	0	0	0,61	0	0	10,68
Frutal	3,34	10,05	5,81	10,04	4,81	6,94	3,27	4,1	2,1	4,75	55,21
Café	1,67	0	1,22	0,03	1,91	0,18	0	0	0	0	5,01
Guineo	0	0	0,71	0,75	3,63	0,86	0,98	0,12	0	0,16	7,21
Maíz	12,04	0	0,16	0	7,15	4,56	5,36	2,49	1,88	0,79	34,43
Tomate	0	0,24	0,46	0,07	0,28	0,64	0	0	0,18	0	1,87
Zaranda	0	0,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0,26
Zanaho	0	0,2	0	0	1,91	0	0,48	0	0	0,05	2,64
Pepino	0	0	0,28	0	0	0	0	0	0	0	0,28
Pimient	0	0	0	0	0,19	0,21	0	0	0	0	0,4
Maracu	0	0	0	0	0,82	0	0	0	0	0	0,82
Verdura	0	0	0	0,32	0	0	0	0	0	0	0,32
Alfalfa	0	0	0	0,15	0	0	0,5	0	0,08	0	0,73
Achira	0	0	0	2,13	4,04	0	0,66	0	0,08	0	6,91
Césped	0	0	0,86	0	0	1,34	0	0	0	0	2,2
Montañ	1,17	2,23	0,04	0	0	0	0	0	0	0	3,44
Total	66,61	50,84	45,67	67,04	103,9	72,61	73,73	81,07	74,87	112,24	748,7

Estructura ganadera y su localización

La población pecuaria en la zona de estudio está conformada por la crianza de gallinas (61 %), cuyes (31 %), bovinos (4 %), cerdos (1 %) y asnos (1 %) (Tabla 4), actividad diversa que se orienta, en su mayoría, a suplir necesidades de alimentación e ingresos.

Tabla 4. Estructura ganadera y localizada

Descripción	Macho	Hembra	Total	(%)
Bovinos	33	43	76	4
Cerdos	9	11	20	1
Asnos	26	0	26	1
Aves	237	822	1059	61
Caballos	7	4	11	1
Cabras	1	7	8	0
Gansos	2	1	3	0
Cuyes	114	429	543	31
Total	429	1317	1746	100

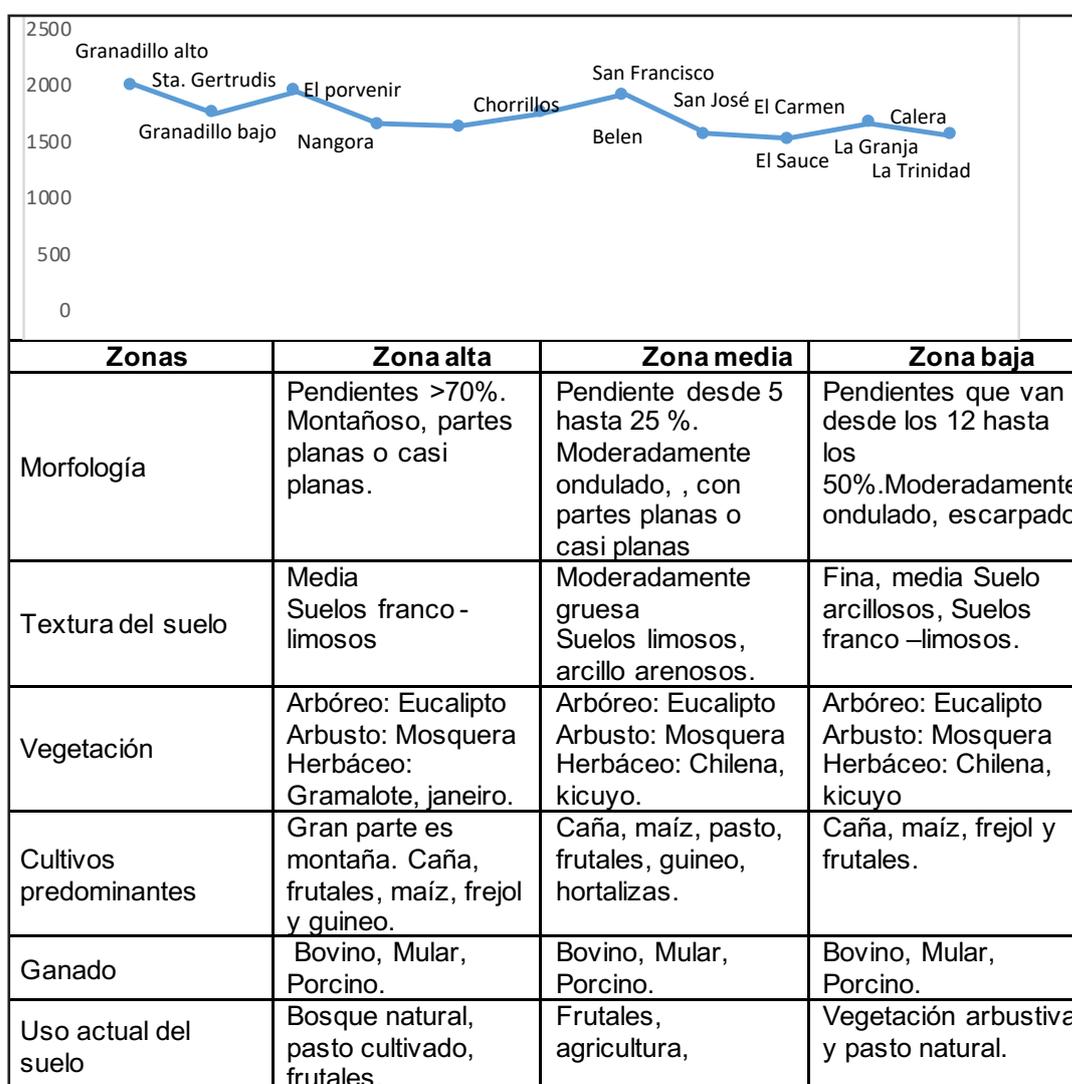


Figura 1. Transecto del sistema de riego Campana-Malacatos.

Rol de la familia en la producción agropecuaria

El tiempo disponible para el trabajo y el ocio se encuentra determinado por el sistema de producción. El hombre emprende las labores agrícolas de 07hOO a 14hOO, en jornada única con un breve espacio para la alimentación del medio día. La mujer, habitualmente está vinculada actividades reproductivas (17 %) como el trabajo doméstico, cuidado de los hijos, vestuario, alimentación, educación y el cuidado de los animales. Respecto a las actividades productivas (44 %) la mujer también ayuda en las tareas del campo y en la huerta cerca de su hogar; se suma a ello actividades de gestión (12 %) que hacen posible liderar procesos de codesarrollo en beneficio de los involucrados/as (Tabla 5).

Tabla 5. Rol de la familia en la producción agropecuaria

Actividades	Hombre	%	Mujer	%	Ambos	%	Familia	%	Total
Reproductivas	457	25	305	17	1067	58	0	0	1829
Productivas	406	22	813	44	610	33	0	0	1829
Comunitarias o de gestión	686	38	229	12	915	50	0	0	1829

El control de las actividades la regenta el hombre, especialmente en la distribución del trabajo (59 %) y la decisión de la semilla para la siembra (54 %). Acentuando las inequidades de género se puede observar que los hombres son los que deciden sobre la venta de productos (41 %) y la disposición del dinero (36 %)

Tipificación de los sistemas productivos

Tipología 1: Pequeño agricultor intensivo

Se identificó que un 44 % de productores; poseen limitado acceso a la tierra con superficies que bordean en promedio 0,3 ha y se localizan a lo largo del sistema de riego Campana-Malacatos. Las actividades agrícolas y pecuarias son realizadas por los miembros de la familia y con herramientas manuales. Vende la fuerza de trabajo para cubrir las demandas de sobrevivencia. Registra un resultados económico neto anual estimado de 2 531 USD, equivalente a un ingreso promedio mensual del orden de los 211 USD y un VAN/jornada de 279 USD (Tabla 6), dato inferior al salario básico unificado registrado por el Ministerio de Trabajo que asciende a 366 para el año 2016 y que a su vez indica problemas de sobrevivencia. Alcanza un valor neto anual por unidad de trabajo familiar (VAN/UTF) de 2025 USD (Tabla 7).

Tabla 6. Resultados económicos por tipología de productores

Tipologías	Superficie ha	UTF Jornada	Producto	Valor Bruto USD	Costos Directos USD	Depreciación USD	VAN USD	Jornadas Día	Van por jornada USD/día
1. Pequeño Campesino de Subsistencia	0,3	1,25	Maíz	1 134	263	20	851	30	28
	0,0		Gallin	540	90	5	445	10	45
	0,0		Bovin	1 182	88	4	1 090	6	182
	0,0		Asno	200	50	5	145	6	24
Total	0,3			3 056	491	34	2 531	52	279
2. Pequeño Campesino Intensivo	0,75	1,9	Maíz	3078	698	16	2364	75	32
	1,25		Frutal	2038	964	17	1057	102	10
	0,00		Gallin	720	120	4	596	14	43
	0,00		Cuyes	155	36	4	115	5	23
	0,00		Bovin	3546	132	4	3410	20	171
Total	2,0			9537	1950	45	7542	216	35
3. Pequeño Campesino Extensivo	0,50	3,5	Fréjol	2600	900	95	1605	46	35
	0,50		Pepin	11200	2400	96	8704	31	281
	3,00		Cana	18000	5698	570	1173	272	43
	1,00		Pastos	1200	20	180	1000	3	333
	0,00		Gallin	900	150	5	745	16	47
	0,00		Cuyes	155	36	4	115	5	23
	0,00		Bovin	4728	352	6	4370	25	175
Total	5,00			38783	9556	956	2827	398	936

Tipología 2: Pequeño agricultor intensivo

Lo conforman un 36 % de productores; poseen superficies más extensas que promedian las 2 ha, se ubican también a lo largo de la zona de estudio. Dispone de capital y vende el excedente de sus cultivos. Sus actividades agrícolas y pecuarias son realizadas con herramientas manuales por los miembros de la familia y mano de obra asalariada temporal. Alcanza un anual aproximado de 7542 USD, que representa una renta mensual de 628 USD y VAN/jornada de 35 USD, por encima del salario básico unificado demostrando que cubre las necesidades de sobrevivencia y posibilidades de acumular capital (Tabla 6). El Ingreso Neto anual por Unidad de Trabajo Familiar (VAN / UTF) bordea 3 969 USD/año (Tabla 7).

Tabla 7. Ingreso agropecuario anual por tipología de productores en USD

Tipología	Producto	Área	VAN	UTF	X	Y
		ha	Anual	Anual	Área/UT	VAN/UT
1. Pequeño Campesino de Subsistencia	Maíz	0,3	851	1,25	0,24	681
	Gallinas	0,3	445	1,25	0,24	356
	Bovinos	0,3	1090	1,25	0,24	872
	Asno	0,3	145	1,25	0,24	116
Total		0,3	2 531	1,25	0,24	2 025
2. Pequeño Campesino Intensivo	Maíz	2,0	2364	1,90	1,05	1244
	Frutales	2,0	1057	1,90	1,05	556
	Gallinas	2,0	596	1,90	1,05	314
	Cuyes	2,0	115	1,90	1,05	61
	Bovinos	2,0	3410	1,90	1,05	1795
Total		2,0	7 542	1,90	1,05	3 969
3. Pequeño Campesino Extensivo	Frejol	5,0	1605	3,5	1,43	459
	Pepino	5,0	8704	3,5	1,43	2487
	Cana	5,0	11732	3,5	1,43	3352
	Pastos	5,0	1000	3,5	1,43	286
	Gallinas	5,0	745	3,5	1,43	213
	Cuyes	5,0	115	3,5	1,43	33
	Bovinos	5,0	4370	3,5	1,43	1249
Total		5,0	28 271	3,5	1,43	8 077

Tipología 3: Pequeño agricultor extensivo

Registran un 20 % de agricultores; poseen terrenos que promedian las 5.0 ha; la tierra no es una limitante para la producción agropecuaria; diversifican y aprovechan cada espacio disponible y para lograrlo invierten en la producción mano de obra asalariada a más de la aporta la familia. El capital empleado en las actividades productivas se ve reflejado en las herramientas manuales y en la maquinaria agrícola mecanizada en arrendamiento por hora de trabajo. Arroja un VAN de 28 271 USD anuales que mensualmente bordea los 2 356 USD y un VAN/jornada de 936 USD, muy superior al salario básico unificado, lo que implica asegura la alimentación familiar y acumula capital (Tabla 6). El Ingreso Neto por Unidad de Trabajo Familiar (IN /UTF) bordea 3 969 USD/año (Tabla 7).

DISCUSIÓN

El agricultor de la zona desarrolla el proceso productivo bajo un objetivo de ganancia, asegurar su supervivencia, la alimentación de su familia relacionando y utilizando todos los recursos naturales, económicos y sociales que posean y sean factibles para ellos, que no alteren su economía, bienestar producción y medio ambiente que los rodea. Para las prácticas culturales utilizan técnicas que responden a sus intereses en concordancia con los medios de producción que poseen y las relaciones sociales que posibilitan la reproducción del sistema, ratificando que los productores no realizan sus actividades en el campo de manera aislada sino que para "... realizar estable-

cen relaciones con otros agente económicos: agricultores, vecinos, terratenientes, comerciantes, transportistas, artesanos, funcionarios del estado”; relaciones sociales que condicionan el tipo de producción y las técnicas practicadas en los sistemas productivos ([Hernández, 2015](#)).

En el contexto del sistema de riego las actividades agropecuarias son de tipo familiar donde padre, madre e hijos cumplen actividades de reproducción del sistema, administrando desde el punto de vista económico-productivo sea por parte del jefe o jefa de la explotación, tomado decisiones sobre los cultivos, los activos y la asignación de mano de obra asociada, donde la mujer cumple un rol protagónico en la complementación del ingreso familiar, función que empieza a transformar la escala de valores sociales y que es reconocida por [FAO \(2012\)](#) al destacar que “... las mujeres representan una gran porción de la fuerza laboral agrícola, producen la mayor parte de los alimentos cultivados, especialmente en la agricultura de subsistencia, y realizan la mayor parte del trabajo de cuidado no remunerado en las áreas rurales”, lo que implica que existen conocimientos necesarios para aumentar la seguridad alimentaria, impedir la degradación del medio ambiente y mantener la diversidad biológica de la agricultura.

En ese marco destacan tres tipologías de productores: pequeño campesino de subsistencia (44 %), pequeño campesino intensivo (36 %) y finalmente pequeño campesino extensivo (20 %) con sistemas de producción vinculados a los mercados locales y provinciales y reflejan claramente un patrón productivo sujeto a una estrategia socioeconómica con un perfil, que podría llamarse, de desarrollo o pobreza. Se observa un predominio de economía rural en donde el capital es un recurso escaso y la producción con frecuencia, como es caso de la tipología 1, no alcanza a generar ingresos para cubrir las necesidades básicas debiendo en algunos casos recurrir en la venta de la mano de obra. Estos resultados guardan relación con el trabajo realizado por [Wong y Ludeña \(2006\)](#), para el caso ecuatoriano y señala la existencia de tres tipos de agricultura familiar: agricultura familiar de subsistencia (no contrata mano de obra), agricultura familiar de transición (contrata mano de obra ocasional) y agricultura familiar consolidada (contrata mano de obra permanente)”. De igual manera [Vallejo, \(2013\)](#) corrobora, los resultados de la investigación y coincide con tres tipos de agricultura familiar : la primera es la de subsistencia, donde los miembros de una misma familia son su propia mano de obra y las producción va dirigido al consumo personal; la segunda es la de transición, es decir, que genera excedentes y tiene cierto acceso al mercado; el tercer tipo de agricultura familiar es la campesina consolidada que produce mayoritariamente para los mercados de consumo.

El ingreso agropecuario por UTF, permite ver que la remuneración del trabajo agropecuario, en el caso de la tipología 1, es insuficiente para la reproducción de la familia, lo que obliga a vender fuerza de trabajo para completarlo. No obstante, para las tipologías 2 y 3 el Ingreso agropecuario por UTF es suficiente y les permite reproducir sus sistemas e incluso capitalizar.

CONCLUSIONES

El sistema de riego Campana-Malacatos cuenta con una población de 5735 personas distribuidas en las 10 juntas de regantes, cubre una superficie de 748,65 ha, la tenencia de la tierra es propia (90 %) y arrendada (10%); los sistemas de producción implementados integran cultivos de ciclo corto entre los que sobresalen: maíz, frejol, pimienta y pepino; anuales: frutales diversos y caña; y, pastos, bosque, complementados con actividades pecuarias como la crianza de gallinas criollas (91 %), cuyes (31 %) y bovinos (4 %); utilizan mano de obra familiar, tecnología tradi-

cional y prácticas culturales ancestrales y técnicas; cuenta con recursos económicos escasos y la mayor cantidad de la producción se orienta a la alimentación de la familia.

En el sistema de riego Campana-Malacatos existen tres tipos de productores, el primero refiere al pequeño campesino de subsistencia que representa el 44 % de los casos del sistema productivo y registra un resultado económico neto anual estimado de 2 531 USD, equivalente a un ingreso promedio mensual del orden de los 211 USD; el Ingreso Neto por Unidad de Trabajo Familiar (IN /UTF) alcanza los 2 025 USD/año. El segundo relacionado al pequeño campesino intensivo donde figuran el 36 % de productores agropecuarios con un ingreso anual aproximado de 7 542 USD, equivalente a un promedio mensual de 628 USD; el Ingreso Neto por Unidad de Trabajo Familiar (IN /UTF) bordea 3 969 USD/año. Finalmente el tercero lo constituye el pequeño campesino extensivo conformado por el 20 % de los sistemas productivos vigentes con un ingreso anual que asciende a 28 271 USD y un mensual aproximado de 2 356 USD; el Ingreso Neto por Unidad de Trabajo Familiar (IN /UTF) alcanza los 8 077 USD.

Contribuciones de los autores

M. CH.: Responsable del proceso de investigación, revisión, levantamiento, análisis de información y escritura del manuscrito. G. M.: Apoyo en la recolección de investigaciones en el campo agrario, sistematización y análisis de la información. R. V.: Aporte en la revisión de la información y discusión de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Constitución de la República, (2008). *Título II (Derechos), capítulos 2 (Derechos del Buen Vivir), Título VI (Régimen de Desarrollo), capítulo 3 (soberanía alimentaria), Título VII (Régimen del Bien Vivir), capítulo 2 (Biodiversidad y recursos naturales).*
- El TELEGRAFO. (2013). *Noticia, Sección Economía: Agricultura familiar representa el 70 % de la producción*, Quito, Ecuador.
- FAO, (2012). *El papel de la mujer en el sector agropecuario en América Latina y el Caribe*
- Hernández F., (2015). *Situación agraria y desarrollo de Loja*, Loja, Ecuador.
- Holdridge, L. (1982). *Ecología basada en zona de vida. Trad. del inglés por Jiménez, H. Segunda reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura*. San José, Costa Rica.
- INEC, (2001). *Informe de la Composición de los empleados por rama de actividad total nacional*, Quito, Ecuador.
- INEC, 2010. *Estadísticas demográficas en el Ecuador*, Quito.
- INIAP, 2008. *Proyecto: Soberanía y Seguridad Alimentaria basada en la Producción Sana de Alimentos, acuerdo básico de cooperación técnica entre el gobierno de la república bolivariana de Venezuela y el gobierno de la república del Ecuador (093)*, Quito, Ecuador.
- MAGAP, (2017). *Boletín Agrícola Integral-Nacional, Coordinación general de Sistemas de Información Nacional*, Volumen 7, Quito, Ecuador.
- Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y competitividad, 2011, *Agenda para la transformación Productiva Territorial*, Quito, Ecuador.
- PDOT., (2011). *Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Loja*, Loja, Ecuador.

Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja, (1994). *Departamento de desarrollo regional y medio ambiente, Secretaria ejecutiva para asuntos económicos y sociales, Secretaria general de la organización de los estados americano, Washington D.C.*

Revolución Agraria (2011), *Colectivo de Reflexión y Acción Política (CReAPP)*, Quito

Scheaffer, R, Mendenhall W, Ott, L, (1987). *Elementos de muestreo*, Ed. Iberoamericana, México.

Wong, S, Ludeña, C (2006). *Caracterización de la agricultura familiar en Ecuador*, FAO-BID, Proyecto GCP/RLA/152/IAB, “Impacto de los Tratados de Libre Comercio sobre la Agricultura Familiar en América Latina e instrumentos de compensación.

Identificación de amenazas, estrategias de manejo y conservación de los servicios ecosistémicos en subcuenca “La Suiza” Chiapas México

Identification of threats, management strategies and conservation of ecosystem services in sub-basin "La Suiza" Chiapas Mexico.

Palacios Byron^{1*}
López Walter²
Faustino Jorge³
Günter Sven³
Tobar Diego³
Brenes Christian³

¹Docente Investigador Universidad Nacional de Loja, Loja - Ecuador

² Investigador Principal, Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas, y Pecuarias. (INIFAP) México

³Docente Investigador, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (CATIE) Costa Rica

*Autor para correspondencia: byron.palacios@unl.edu.ec.

RECIBIDO:19/03/2018

APROBADO: 20/06/2018

RESUMEN

La subcuenca “La Suiza” por su ubicación geográfica y política presenta una alta gama de generación de servicios ecosistémicos. El propósito del estudio fue: Identificar espacialmente las amenazas que ponen en riesgo la generación de los servicios ecosistémicos, e identificar posibles estrategias de manejo y conservación de los mismos en la subcuenca “La Suiza”. El estudio encontró 12 amenazas que ponen en riesgo la generación de los servicios ecosistémicos, identificándose como amenaza principal la topografía del terreno con pendientes mayores al 30 % de inclinación que equivale a 2 825,04 hectáreas (46 %) del territorio total de la subcuenca “La Suiza”. Así mismo se encontró que existía una asociación significativa entre tipo de amenazas y tipos de productores el valor p del estadístico Chi Cuadrado G^2 es = 0,0001 menor al nivel de significación $\alpha = 0,05$. Por otra parte se encontró, que el pago por servicios ambientales (PSA) sobresalió como posible estrategia de conservación de los servicios ecosistémicos en la subcuenca.

Palabras clave: Servicios ecosistémicos, bosque, amenaza, estrategias, conservación, comunidad.

ABSTRACT

The sub-basin "La Suiza" due to its geographical and political location presents a high range of generation of ecosystem services. The purpose of the study was to: Identify spatially the threats that put at risk the generation of ecosystem services, and identify possible strategies for their management and conservation in the sub-basin "La Suiza". The study found 12 threats that jeopardize the generation of ecosystem services, identifying as the main threat the topography of the terrain with slopes greater than 30 % inclination equivalent to 2825.04 hectares (46 %) of the total territory of the sub-basin "La Suiza". Likewise, it was found that there was a significant association between type of threats and types of producers the p-value of the Chi square G2 statistic is = 0,0001 lower than the significance level $\alpha = 0,05$. On the other hand, it was found that the payment for environmental services (PSA) stood out as a possible strategy for the conservation of ecosystem services in the sub-basin.

Keywords: Ecosystem services, forest, threat, strategies, conservation, community, biosphere

INTRODUCCIÓN

La mitad de los bosques mundiales han desaparecido, y las áreas forestales con mayor biodiversidad están en peligro. Hoy los bosques cubren más de la cuarta parte de las tierras emergidas, excluyendo la Antártida y Groenlandia. La mitad de los bosques están en los trópicos; y el resto en las zonas templadas y boreales. Siete países albergan más del 60 por ciento de la superficie forestal mundial: Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos, China, Indonesia y Congo (el antiguo Zaire). La mitad de los bosques que una vez cubrieron la Tierra, 29 millones de kilómetros cuadrados, han desaparecido, y lo que es más importante en términos de biodiversidad, cerca del 78 por ciento de los bosques primarios han sido ya destruidos y el 22 por ciento restante están amenazados por la extracción de madera, la conversión a otros usos como la agricultura y la ganadería, la especulación, la minería, los grandes embalses, las carreteras y las pistas forestales, el crecimiento demográfico y el cambio climático. Un total de 76 países han perdido ya todos sus bosques primarios, y otros once pueden perderlos en los próximos años ([Santamarta, 2001](#)).

Los bosques naturales remanentes en los países tropicales predominantemente están en propiedades privadas pequeñas, medianas y relativamente grandes, la principal amenaza para el bosque es la competencia de otros usos de la tierra. El principal impacto ambiental -la pérdida de valores del bosque natural tendrá lugar durante el proceso de conversión de la tierra y por lo tanto las áreas protegidas (tales como parques nacionales) serán las fuentes primarias de la biodiversidad nacional pero no suficientes para generar servicios ecosistémicos para toda la humanidad ([Maginnis et al., 1996](#)).

Los bosques tropicales son masas forestales que retienen el agua de lluvia. Así facilitan que se infiltre al subsuelo y se recarguen los acuíferos. También disminuyen la erosión, al reducir la velocidad del agua y sujetar la tierra, y rebajan el riesgo de inundaciones. Los bosques contribuyen a amortiguar el impacto de huracanes, tormentas y lluvias torrenciales. Con su presencia, mitigan consecuencias que pueden ser desastrosas, como derrumbes, inundaciones y la erosión del suelo.

México es un país con una gran variedad de ambientes, fisiográfica y de climas, donde la diversidad biológica se encuentra distribuida en el territorio de manera heterogénea. En el país confluyen regiones biogeográficas, es centro de origen de especies domesticadas, y sitio de hibernación y paso para una gran cantidad de especies migratorias. Por otra parte, México es un país que enfrenta procesos de acelerada transformación, debido a las actividades económicas y sociales.

Por tales razones se requiere identificar amenazas y estrategias de conservación de los servicios ecosistémicos y a su vez genere una amplia gama de acciones para lograr la conservación de la biodiversidad, adecuadas a los contextos locales y que respondan a objetivos claros y metas alcanzables, lo que se ha definido como estrategias de conservación (March 2009).

Según (Miller y Lanou, 1995), menciona que la planeación estratégica para la conservación ha sido abordada por distintas organizaciones, con el fin de lograr la mayor eficiencia en los programas y acciones de conservación. Esta condición implica hacer inversiones inteligentes para acciones más firmes y oportunas que afronten con eficacia las causas de afectación a la biodiversidad, buscando obtener los máximos resultados con los recursos disponibles que siempre serán limitados (Kristensen y Rader, 2001). Es por esta razón que la planeación estratégica en la conservación es un proceso que debe efectuarse de manera periódica y en distintos niveles, ya sea con un enfoque local regional, temático o bien sobre ecosistemas y especies de particular interés (Conservation International, 2004).

La investigación tuvo los siguientes objetivos: 1 Identificar espacialmente las amenazas que ponen en riesgo la generación de los servicios ecosistémicos y 2 Identificar posibles estrategias de manejo y conservación de los mismos en la subcuenca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en la Subcuenca "La Suiza" localizada en los Municipios de Montecristo de Guerrero y Mapastepec del Estado de Chiapas México.

Ubicación geográfica

La Subcuenca "La Suiza", posee una extensión territorial de 6083,22 ha de terreno, bajo las coordenadas geográficas que se pueden observar en la figura 1.

La presencia del clima Semi cálido húmedo y Templado húmedo según estudios realizados de climatología por el (INE, 1998), con altitudes entre los 1000 a 2600 m s.n.m, una precipitación anual de 2 000 a 3 000 mm en la parte baja y de 2 500 a 4 500 mm en la parte alta, siendo abril a octubre los meses más lluviosos. La temperatura promedio anual es de 18 a 22°C en la parte baja y de 12 a 18°C en la parte alta. La subcuenca "La Suiza" posee una extensión de 6083.22 hectáreas y un perímetro de 37,48 kilómetros, y se ubica en el parte aguas de la Sierra Madre de Chiapas. El 85,32 % (5190,02 ha) de La Subcuenca se ubica dentro del polígono de la Reserva de la Biósfera el Triunfo (REBITRI) y se encuentra poblada con aproximadamente 1 300 habitantes, distribuidos en Ejidos (comunidades) y Propiedades privadas.

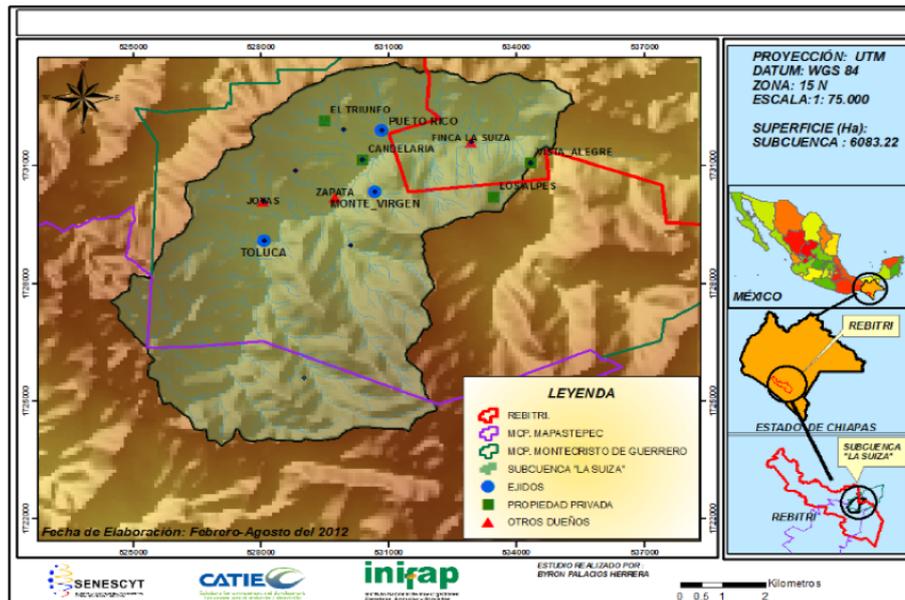


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio

Fase I

Recolección de información secundaria

El objetivo de esta fase fue recopilar información secundaria clave como información histórica de eventos adversos pasados (incendios y/o inundaciones que tuvieron un impacto negativo en la población) así como información que se haya generado en el Estado y Municipios de Chiapas sobre estudios realizados de amenazas que pongan en riesgo la pérdida de los (SE) así como posibles estrategias de manejo y conservación de los recursos naturales, para de esta manera tratar de ajustar a la subcuenca “La Suiza”.

Talleres participativos

El objetivo de esta metodología participativa fue capacitar a los actores locales sobre los recursos naturales y amenazas que experimentan día a día por muchos factores ya se de origen natural o generada por la actividad humana que puede manifestarse en un lugar específico (Cárdenas *et al.*, 2008), así como posibles estrategias de manejo y conservación de los servicios ecosistémicos que se encuentran en riesgo de perderse en la subcuenca “La Suiza”

Se realizaron 5 talleres participativos distribuidos de la siguiente manera, 3 talleres 1 por Ejido: Toluca, Monte Virgen y Puerto Rico, 2 talleres 1 por propiedad privada: Candelaria- El Triunfo y Vista Alegre. Se utilizaron herramientas participativas tales como: entrevistas semiestructuradas, grupos focales, diálogos directos con informantes claves y lo más importante se elaboraron mapas parlantes que es una representación gráfica de la percepción de los actores sociales en relación a su territorio, su historia y vivencias respecto a las amenazas y vulnerabilidades.

Entrevistas semiestructuradas

Se aplicaron 61 entrevistas las que fueron dirigidas a los actores locales, personalizadas una por familia que correspondía el 5 % de la población total de la subcuenca, distribuyéndose de la

siguiente manera 15 entrevistas por cada Ejido y Propiedad privada, en el caso de Candelaria y El Triunfo solo se aplicó 1 por ser un solo dueño de ambos territorios.

Identificación de amenazas que ponen en riesgo la generación de los servicios ecosistémicos

El objetivo de esta metodología fue definir una lista de amenazas que ponen en riesgo la generación de los de servicios ecosistémicos así como también una lista de posibles estrategias de manejo y conservación de los recursos naturales.

A través de la participación de todos los productores entrevistados de cada ejido y propiedad privada de la subcuenca "La Suiza" se identificaron amenazas que ponen en riesgo la generación (SEP), para ello, se elaboraron mapas parlantes donde contemplo zonas afectadas especialmente derrumbes.

Para corroborar la información obtenida se realizaron recorridos guiados por cada uno de los Ejidos y Propiedades Privadas, en estos se procedió a la georeferenciación de las zonas afectadas o estudiadas a través de puntos GPS. Seguidamente se procedió a realizar anotaciones tales como: tipo de uso de suelo, pendiente, topografía, suelo, donde se identificó el tipo de amenaza.

Análisis estadístico entre tipos de productores y tipo de amenazas identificadas

Para la toma de datos se reunió las 61 entrevistas personalizadas y se sistematizó en una tabla de Excel todas las respuestas generadas a partir de las preguntas planteadas en la entrevista.

El objetivo de esta metodología fue investigar la posible relación existente entre la elección de los tipos de amenazas y posibles estrategias de manejo y conservación de los servicios ecosistémicos con el tipo de actor utilizando el software Infostat/ Profesional versión 2013.

Posteriormente para determinar el contraste de asociaciones entre categorías de las variables categorizadas se utilizaron tablas de contingencia seleccionando el estadístico Chi – Cuadrado G2 (Rienzo *et al.*, 2008).

Identificación de posibles estrategias de manejo y conservación los servicios ecosistémicos.

Se realizó una reunión en asamblea general con los actores clave de la microcuenca, donde se expuso los resultados de campo identificados y se hizo un análisis de reflexión de cómo eran antes y como están ahora sus recursos naturales de la subcuenca.

Posteriormente de la reflexión se elaboraron posibles estrategias de manejo y conservación de los servicios ecosistémicos prioritarios en la subcuenca "La Suiza".

Fase II.

Digitalización espacial de amenazas

En base a lo encontrado en la primera fase del estudio se determino que la amenaza comun entre los diferentes actores fue la pendiente del terreno.

Pendiente

Con la finalidad de determinar las áreas vulnerables espacialmente que ponen en riesgo la generación de servicios ecosistémicos se elaboró un mapa de pendientes en base a puntos de control tomados con GPS de áreas afectadas con deslizamientos de suelos en la subcuenca "La Suiza".

Se calculó la pendiente en porcentaje a partir de un modelo de elevación digital (DEM), luego se realizó la reclasificación con índices establecidos de acuerdo a la metodología de (Cubero, 2001 y CNPT, 2003) y criterios de profesionales y productores locales de la subcuenca. (Ver tabla 1)

Tabla 1. Índices para trazar las pendientes en la subcuenca “La Suiza”

Pendiente %	Índice (criterio de profesionales)
0 - 15	1
15 - 30	2
30 - 45	3
> 45	4

El proposito de este mapa fue identificar y digitalizar áreas con pendientes mayores a 30 % de inclinación .Según espertos y agricultores de la zona manifestaron que por encima de este umbral talar el bosque para realizar actividades antrópicas ya es una amenaza para la naturaleza y los pobladores.

Conflicto de uso de suelo

Metodologicamente se obtuvo el mapa Cobertura y Uso Actual del Suelo, que agrupado en 3 categorías representa la dinámica económica en áreas denominadas como áreas Agropecuarias (Maíz, Playa, Potreros, Asentamientos humanos,) áreas Cafetaleras, y áreas con Bosque natural.

Utilizando metodologías para cartografía integrada en complemento con el uso de Sistemas de Información Geografica (SIG) se represento espacialmente el conflicto de uso de suelo de la subcuenca “La Suiza”. Posteriormente se obtuvo la consolidación gráfica del mapa de Aptitud del suelo, el cual reúne las características físicas, climáticas, geológicas, geomorfológicas e hidrológicas del suelo. Seguidamente se obtuvo la representación gráfica de un mapa denominado Conflictos de Uso de Suelo, el cual involucra la dinámica de las áreas de amenaza por deslizamiento, erosión y otros factores como es el sobre uso de suelo.El proposito de generar estos mapas fue para identificar áreas con prácticas no apropiadas para un determinado tipo de suelo o por el contrario suelos con gran potencial pero subutilizados (Ver tabla 2)

Tabla 2. Categorías de uso del suelo para analizar las relaciones mutuas o la magnitud entre la oferta potencial del suelo y del uso actual en la subcuenca “La Suiza”

Categorías	Uso Actual	Uso Potencial (Aptitud)	Conflicto
Agropecuario	Agropecuario	Agropecuario	Adecuado
	Agropecuario	Café	Sobreuso
	Agropecuario	Bosque	Sobreuso
Café	Café	Agropecuario	Adecuado
	Café	Café	Adecuado
	Café	Bosque	Sobreuso
Bosque	Bosque	Agropecuario	Adecuado
	Bosque	Café	Adecuado
	Bosque	Bosque	Adecuado

Fuente: Adaptado de CNPT 2000, Cuber, 2001, Brenes y Gunter 2012

Identificación de amenazas que ponen en riesgo la generación de los servicios ecosistémicos

Del 100 % de entrevistados se pudieron identificar 12 amenazas que ponen riesgo de perderse los servicios ecosistémicos en la subcuenca "La Suiza (Ver tabla 3).

Tabla 3. Tipos de amenazas identificadas por actores locales de acuerdo a su percepción

N°	Amenazas
1	Avance de la frontera agrícola
2	Crecimiento poblacional
3	Deforestación
4	Desastres naturales
5	Fragmentación de bosques
6	Ganadería
7	Incendios forestales
8	Invasión de tierras
9	Pendiente
10	Políticas de Gobierno Federal
11	Sequias
12	Tenencia de la tierra

Las amenazas identificadas por los actores locales en la subcuenca "La Suiza" son el factor externo del riesgo representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas. La amenaza, es un factor del riesgo, compromete la seguridad de las personas y su medio (asentamientos humanos, infraestructura y unidades productivas) (Cardenas *et al.*, 2008) (Ver tabla 4).

Tabla 4. Frecuencias relativas de amenazas identificadas desde la percepción de los habitantes de la subcuenca "La Suiza" (A= Ejido Toluca, B= Ejido Monte Virgen, C= Ejido Puerto Rico, D= Propiedad privada).

Tipo de Amenazas	A	B	C	D	Total
No sabe	0	0	0	12	12
Pendiente	12	12	7	1	32
Avance de la frontera agrícola	7	12	6	0	25
Sequias	4	9	7	0	20
Desastres naturales	3	11	3	0	17
Políticas de Gobierno Federal	3	10	3	1	17
Deforestación	3	7	6	0	16
Incendios forestales	4	5	5	0	14
Crecimiento poblacional	1	4	3	1	9
Invasión de tierras	2	3	2	0	7
Fragmentación de bosques	1	4	1	0	6
Tenencia de la tierra	1	4	1	0	6
Ganadería	1	1	1	0	3
Total	42	82	45	15	184

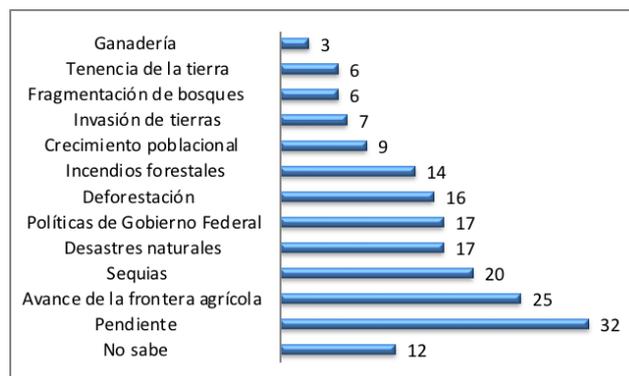


Figura 2. Frecuencias relativas de amenazas identificadas desde la percepción de los habitantes de la subcuenca “La Suiza” (A= Ejido Toluca, B= Ejido Monte Virgen, C= Ejido Puerto Rico, D= Propiedad privada). Análisis estadístico entre tipos productores y tipo de amenazas identificadas

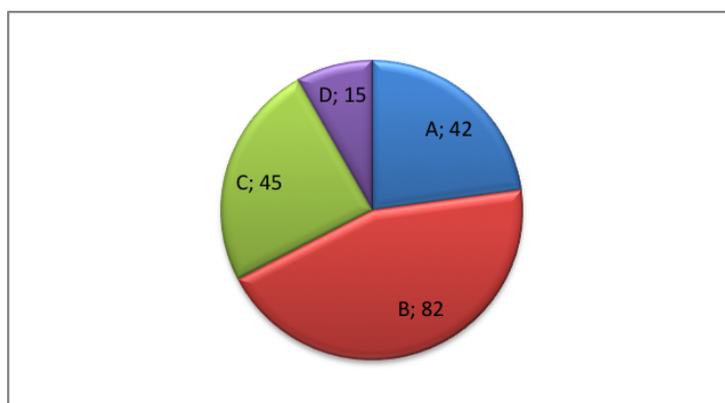


Figura 3. Frecuencias relativas por tipo de actor en la identificación de amenazas en la subcuenca “La Suiza” (A= Ejido Toluca, B= Ejido Monte Virgen, C= Ejido Puerto Rico, D= Propiedad privada). Análisis estadístico entre tipos productores y tipo de amenazas identificadas.

Se encontró asociación significativa entre tipos de productores y tipos de amenazas que ponen en riesgo la generación de servicios ecosistémicos, el valor p de estadístico Chi Cuadrado G2 es = 0,0001 menor al nivel de significación $\alpha = 0,05$

Para este tipo de análisis no entro la Propiedad privada La Candelaria y El Triunfo por tener un solo propietario y por ende una sola entrevista, que al ser comparada con los demás entrevistas sesgaría la información. Sin embargo su criterio fue tomado en cuenta para el estudio para corroborar las opiniones de las demás localidades, identificando así 6 tipos de amenazas, que son: Pendiente del terreno, avance de la frontera agrícola, deforestación, políticas de gobierno federal, desastres naturales, sequias y crecimiento poblacional. Para corroborar y visualizar esta asociación significativa se realizó un análisis estadístico de correspondencia. (Figura 4)

Identificación de posibles estrategias de manejo y conservación los servicios ecosistémicos.

Del estudio de campo se pudieron identificar 13 posibles estrategias para el manejo y conservación de los servicios ecosistémicos en la subcuenca “La Suiza”, las mismas que fueron validadas en una asamblea general donde participaron especialmente los dirigentes de cada uno de los Ejidos y propiedades privadas (Tabla 5).

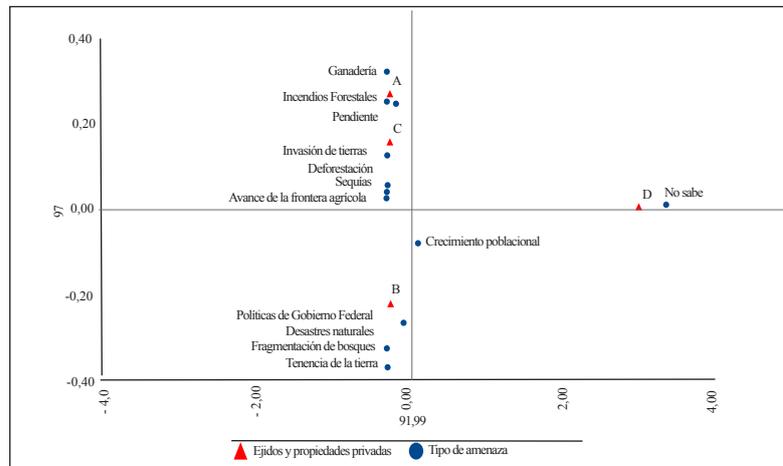


Figura 4. Gráfico producto del análisis de correspondencia entre los tipos de actores (A= Toluca, B = Monte Virgen, C= Puerto Rico y D= Vista Alegre) y la asociación a Amenazas

Tabla 5. Posibles estrategias de manejo y conservación de los servicios ecosistémicos en sub-cuenca “La Suiza”

Nº	Estrategias	Código
1	Entrar a pago por servicios ambientales.	E1
2	Controlar el proceso erosivo en zonas fuertemente degradadas, así como en tierras agrícolas, mediante la forestación con especies de la zona de rápido crecimiento.	E2
3	Evitar la contaminación del medio ambiente por medio de basura, agroquímicos	E3
4	Promover la incorporación de las localidades, en general, dentro del proceso conservación de manera participativa y activa	E4
5	Coordinación con ONG, universidades, institutos de investigación y sectores organizados.	E5
6	Establecer programas de educación y concientización de la población rural	E6
7	Promover la investigación de tecnologías apropiadas al medio, utilizando como base los sistemas actualmente en uso	E7
8	No quemar para cultivar	E8
9	Ajustar las normas administrativas e institucionales que conduzcan a una utilización y desarrollo adecuado de los recursos naturales renovables.	E9
10	Fomentar el crédito y la inversión hacia proyectos agro productivos orientados a los pequeños y medianos productores	E10
11	Promover la búsqueda del mejoramiento de las características físicas y capacidad productiva del suelo	E11
12	Formar promotores y técnicos de cada Ejido tanto mujeres como hombres	E12
13	Cocinas ahorradoras de leña	E13

Análisis estadístico entre tipos de productores y tipo de estrategias identificadas

No se encontró asociación significativa entre tipos de actores y posibles tipos de estrategias para el manejo y conservación de los servicios ecosistémicos, el valor p de estadístico Chi Cuadrado G2 es = 0,9939 mayor al nivel de significación $\alpha = 0,05$.

Digitalización espacial de amenazas.

Se encontró 819,1 ha en la categoría (0 – 15 %), 2438,6 ha (15 – 30), 2357,6 ha (30 – 45) y 467,9 en la categoría mayor a 45 % de pendiente.

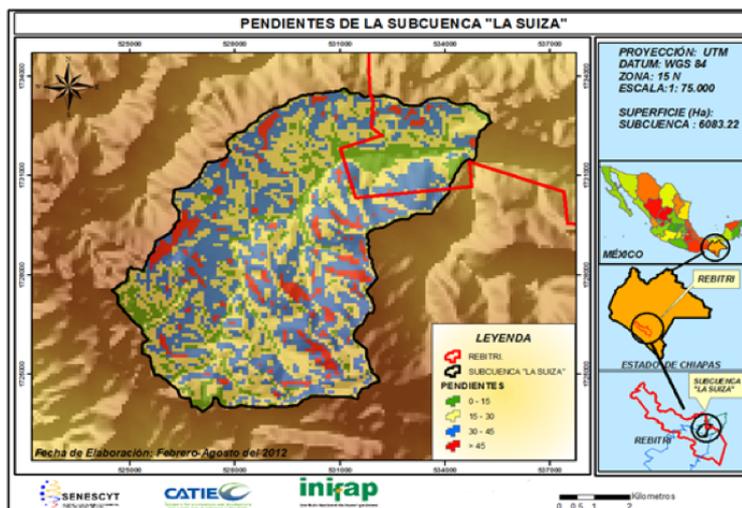


Figura 5. Pendientes de la subcuenca “La Suiza”

Tabla 6. Rango de pendientes por tipo de uso de suelo en la subcuenca “La Suiza”

Pendiente del suelo %	Tipos de usos del suelo	ha	%
0 – 15	Infraestructura, maíz, frijol y ganadería	819,1	13
15 – 30	Café	2 438,6	40
30 – 45	Café con buenas prácticas agrícolas	2 357,6	39
> 45	Bosque	467,9	8
Total		6 083,2	100

En la tabla 6 nos indica según expertos que pendientes se puede desarrollar las diferentes actividades antropicas así como también donde se debe conservar el bosque natural.

Uso potencial (aptitud)

Uso potencial de las tierras es el uso más intensivo que puede soportar el suelo, garantizando una producción agropecuaria sostenida y una oferta permanente en el tiempo de bienes y servicios ambientales, sin deteriorar los recursos naturales.

Se encontró 819,09 ha en la categoría Agropecuaria (Maiz, Frejol y Ganaderia), 2 438,60 ha en la categoría Café (SAF) y 2 825,53 ha. en categoría de Bosque (Natural).

Tabla 7. Aptitud del suelo en hectáreas y porcentaje de la subcuenca “La Suiza”

Uso Potencial del suelo	ha	%
Agropecuario	819.09	13.5
Café	2438.60	40.1
Bosque	2825.53	46.4
Total	6083.22	100.0

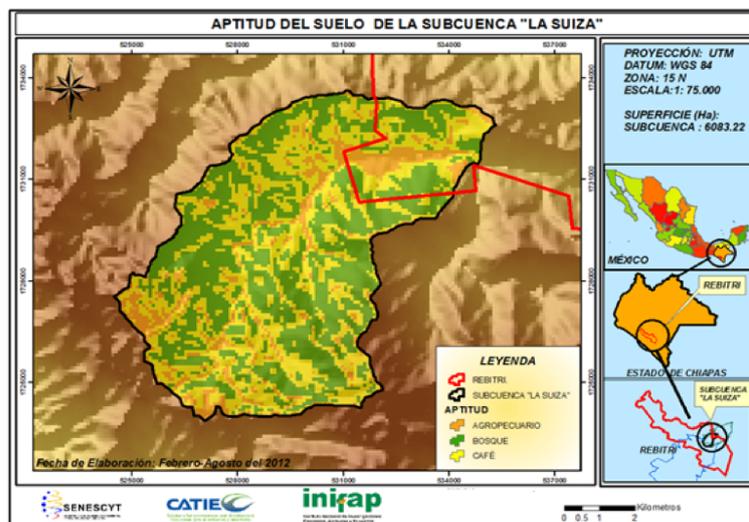


Figura 6. Aptitud del suelo en la subcuenca “La Suiza”

En la figura 6 y tabla 7, nos indica cuales son las áreas y los porcentajes que son de aptitud según la pendiente para desarrollar actividades antrópicas así como cuales son las áreas que se debe conservar con prioridad.

Conflicto de uso de suelo

Se encontro tres tipos de conflicto de uso del suelo (adecuado, subuso, sobreuso), el cual permitio analizar las relaciones mutuas o la magnitud entre la oferta potencial del suelo y del uso actual del mismo.

Adecuado.

Indica que el suelo esta utilizado de forma correcta, significa que el uso existente tiene exigencias similares a su potencialidad ambiental, es decir se encuentra en equilibrio.

Sobreuso

Cuando las exigencias del suelo o cobertura vegetal actual son mayores al potencial ambiental ofertado, es decir el suelo se esta degradado o ya esta degradado por empobrecimiento de sus condiciones iniciales.

Cruzando el mapa de uso actual de suelo, más el mapa de aptitud del suelo según la pendiente (Figura 6) se encontró en uso adecuado 4 106,78 ha y en sobreuso 1 976,44 ha, dando así un total de 6 083,22 hectáreas, la misma que corresponde al área total de la subcuenca “La Suiza” (Ver figura 7).

Tabla 8. Superficie por categorías de conflictos del uso del suelo en hectáreas y porcentaje de la subcuenca “La Suiza

Conflicto del uso del suelo	ha	%
Adecuado	4 106,78	67,5
Sobreuso	1 976,44	32,5
Total	6 083,2	100,0

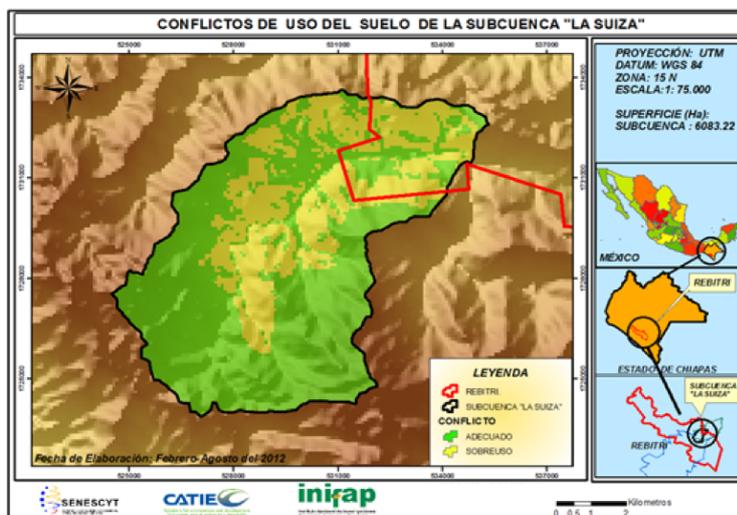


Figura 7. Conflictos del uso del suelo en la subcuenca “La Suiza”

En la figura 7 y tabla 8, nos indica las áreas y porcentajes que están en uso adecuado así como las áreas que se encuentran en sobreuso en territorios tanto de ejidos como de propiedades privadas de la subcuenca “La Suiza”

DISCUSIÓN

Los ecosistemas de la Reserva de biosfera “El Triunfo” que a su vez abarcan la subcuenca “La Suiza” como área de estudio, genera un sinnúmero de servicios ecosistémicos que contribuyen al bienestar humano generando como resultado bienes económicos. Los productores que viven dentro y fuera de la subcuenca dependen de estos servicios y se ven ligeramente afectados porque la interacción dinámica entre los productores y los ecosistemas ha sido preponderante en las últimas décadas especialmente por la obtención de alimentos derivados de la agricultura, ganadería en áreas de aptitud no agropecuaria lo cual se convierte en una amenaza para la generación de servicios ecosistémicos con escala local y global a desaparecer permanentemente (Balvanera *et al.*, 2009).

En mención a lo indicado en la subcuenca “La Suiza” es una área muy vulnerable a deslizamientos del suelo (PROACC, 2011) ya sea por factores naturales o actividades antrópicas, sin embargo a pesar de estas amenazas los habitantes siguen ampliando la frontera agrícola sin importar las consecuencias que estas causen al ambiente y a los pobladores asentados en la parte baja en relación a la actividades agrícolas con cultivo de café asociado con árboles (SAF) y pequeñas áreas destinadas a cultivos menores como maíz frijol y ganadería en su mayoría en suelos que no tienen vocación para mencionadas actividades (Cubero, 2001),

Las posibilidades de empleo de áreas montañosas están determinadas por la textura, tipo de arcilla y estabilidad estructural del suelo, por eso, una misma pendiente puede causar erosión. En efecto negativo de la pendiente puede ser reducido, en función de la medida que se utilice, para proteger el suelo y de ahí que, para el cultivo de café, son recomendables las pendientes menores del 30 % y otros cultivos de ciclo corto aplicando medidas de conservación hasta el 12 % en la mayoría (Cubero, 2001 y CNPT, 2003). Según USEPA (1983), afirma que una de las principales

causas de la degradación de los servicios ecosistémicos es el avance de la frontera agrícola sin ningún tipo de conservación de áreas susceptibles a deslizamientos

Por otra parte los pobladores de la subcuenca "La Suiza" son en su mayoría dependientes del recurso ecosistémico leña. Según estudios realizados por (Díaz, 2000 y Sener, 2002), afirman que los ecosistemas mexicanos como selvas, bosques, matorrales, manglares son considerados como fuente de energía, lo que concuerda con este estudio. Estos ecosistemas proveen combustibles para satisfacer 11 % del total de la demanda energética del 80 % satisface la demanda energética de los sectores rurales del país. Este recurso es fundamental en las familias de la subcuenca "La Suiza", se ha observado que en los últimos años la demanda total de leña ha aumentado muy ligeramente lo que hace que vayan disminuyendo los bosque de *Quercus* y *Pinus*, lo que hace que esta necesidad se convierta en una amenaza a los ecosistemas montañosos de la zona afirmó (Gómez, 2012).

Así mismo las sequías son otro factor que pone en amenaza la perdida de los servicios ecosistémicos en la subcuenca "La Suiza", como consecuencia del fenómeno del cambio climático que se ha presentado en los últimos años, esto a dado lugar a la variación de la precipitación en épocas determinadas afectando el ciclo vegetativo y el balance hídrico lo cual puede causar la muerte de la vegetación y dar inicio a la erosión eólica (Mora *et al.*, 2008). Desde tiempos antiguos han ocurrido sequías de gran magnitud en México, desafortunadamente no se encuentra suficiente información para hacer un recuento de los daños ambientales, sin embargo en el siglo XX se registraron en México 4 grandes periodos de sequías, estos periodos son: 1 948 – 1 954; 1 960 – 1 964; 1 970 – 1 978 y 1 993 a 1 996, en este último periodo se registraron un sinnúmero incendios forestales en la ciudad México destruyendo valiosos ecosistémicos únicos en el mundo (CENAPRED, 2001).

Por otro lado los servicios ecosistémicos de provisión, regulación, soporte y cultural han sido definidos, descritos, valorados y estudiados desde varias disciplinas. En este sentido, la compensación o pago por servicios ambientales conocidos también como (PSA) por la conservación y el uso sustentable de los servicios ambientales es uno de los temas de mayor interés, lo que concuerda con este estudio como estrategia principal o prioritaria para su conservación. Sin embargo esto no se ha podido mantener por las leyes ambientales creadas sin ningún criterio técnico y científico por los Gobiernos Federales de turno de México y se convierten en una herramienta de efecto contradictorio en el manejo de los recursos naturales comunitarios (Pacheco, 2004).

CONCLUSIONES

Las estrategias encontradas son absolutamente aplicables para toda la subcuenca debido a que todos productores en sus predios padecen de deslizamientos del suelo ya sea por fenómenos naturales o actividades antrópicas

Si se modifican las tipologías así como los valores de ponderación tanto para el mapa de pendientes como para el mapa de uso actual del suelo, también cambiará el mapa de conflictos del uso del suelo. En consecuencia es un hecho que el mapa de conflictos del uso del suelo dependerá siempre de las actividades antrópicas que los productores realicen en su paisaje ya que estas son dinámicas en tiempo y en el espacio.

Los productores locales, así como la comprobación técnica demostraron que la pendiente es una amenaza en la subcuenca "La Suiza"

El estudio demostró que el desconocimiento de los productores sobre donde realizar activi-

dades antrópicas ha conllevado a utilizar de manera inadecuada una gran parte de su paisaje, con un 32,5 % de lo que respecta al territorio total, con alto valor de conservación, una estrategia de PSA por protección o compensación por restauración es prioritaria.

■ AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento inmenso a todos los habitantes de la subcuenca “La Suiza” por compartir conmigo sus experiencias y en especial por brindarme su confianza y apoyo en cada momento que duro la fase de campo de esta investigación, en especial al Sr. Bernardino y Hermelindo Pérez autoridades del Ejido Toluca, al Sr. Gerardo Gutiérrez Pérez autoridad del Ejido Monte Virgen, al Sr. Manolo Gómez Pérez encargado de la Propiedad privada de La Candelaria y El Triunfo , al Sr. Luis Pérez autoridad del Ejido Puerto Rico y al Sr. Rolimber autoridad de la propiedad privada de Vista Alegre. A la Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) Quito, Ecuador. Al Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Ocozocoautla de Espinoza, Chiapas, México. A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Al Fondo de Conservación El Triunfo (FONCET) Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y sus funcionarios, Turrialba Costa Rica.

Contribución de autores

Byron Palacios Herrera: Formulación y ejecución de la investigación, trabajo de campo, análisis de datos, redacción del artículo; Walter López Báez: Formulación y co-dirección de la investigación, planificación con comunidades, trabajo de campo, análisis de datos; Jorge Faustino: Director de la investigación; Sven Gunter, asesor de la investigación; Diego Tobar: Asesor de la Investigación, Christian Brenes: Asesor de la Investigación.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Balvanera, P., H. Cotler (2009). *Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 185-245.
- Cárdenas, M; Choquevilca, P; Saavedra, J,P; Torrico, G; Espinoza J. (2008). *Construcción de Mapas de Riesgo. Criterios metodológicos*. 1. ed. La Paz, BO. 50 p.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (CATIE). (1999). *Redacción de referencias bibliográficas*. Normas técnicas del IICA y CATIE/ Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 4 ed. Turrialba. CR. Biblioteca Conmemorativa Orton. 1999. 40 p
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (CENAPRE). (2001). *Reseña Histórica de Incendios en México*. Coyoacán. MX. 2001. 31p
- Comisión Nacional Plan Turquino. (CNPT) (2003). *Suelos Usos Conservación y Mejoramiento. Manual técnico para las actividades agropecuarias y forestales en las montañas*. Agrinfor 2003. La Habana. CU. CP10600. 31p
- Conservation International. 2004. *Conserving Earth's living heritage: A proposed framework for designing biodiversity conservation strategies*. Conservation International.

- Cubero, F. (2001). *Clave de bolsillo para determinar la capacidad de uso de las tierras*. 1° ed. San José. CR. ACCS. MAG. ARAUCARIA. 200. 19 p
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; González, L; Tablada, E; Díaz, M; Robledo, C; Balzarini, M. (2008). *Estadística para las Ciencias Agropecuarias*. 2008. 7 ed. Córdoba, AR. Brujas. 356 p.
- Gómez, M. (2012). *Amenazas de los servicios ecosistémicos* (Entrevista). Propiedad privada de La Candelaria y el Triunfo. Chipas, MX. Obtenido de: <http://www.nodo50.org/worldwatch/ww/portadas/bosques.htm>
- Kristensen, P.J., C.J. Rader. (2001). *The strategic management approach: Practical planning for development managers*. Conservation International, Washington, D.C.
- Maginnis, S; Méndez, J; Davies, J. (1996). *Manual para el Manejo de Bosques Pequeños de Bosque Húmedo Tropical* (con Especial Referencia a la Zona Norte de Costa Rica).
- March, I.J., M.A. Carvajal, R.M. Vidal, J.E. San Román, G. Ruiz et al. (2009). *Planificación y desarrollo de estrategias para la conservación de la biodiversidad, en Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 545-573.
- Miller, K.R., y M.S. Lanou. (1995). *Planificación nacional de la biodiversidad: pautas basadas en experiencias previas alrededor del mundo*. World Resources Institute, Washington, D.C. -Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Unión Mundial para la Naturaleza.
- Mora, J; García, L; Sol, L. (2008). *Ciencia de la Tierra para la Sociedad*. Sequia. UNAM. MX. 2008. 3p
- Pacheco, P. (2004). What lies behind decentralization? Forest, powers and actors in lowlands Bolivia. *European Journal of Development Research* 16(1):90-109.
- Santamarta, J. (2001). La Situación Actual de los Bosques en el Mundo. Disponible (en línea).
- USEPA. (1983). *Results of the Nationwide Urban Runoff Program. Volume 1 - Final Report*. Water Planning Division. Washington, D.C. EE.UU.



REVISTA INDEXADA BOSQUES LATITUD CERO

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

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

Octava Edición

ISSN: 2528-7818

ISSN 1390-3683

Periodicidad: Semestral

Publicación: Digital

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

PBX: (593) 07 - 2547252

Página Web: www.revistas.unl.edu.ec

e-mail: bosqueslatitudcero@unl.edu.ec

Indizada/Resumida en Latindex-Directorio

Folio: 16056

2018

LOJA-ECUADOR

Diseño, Diagramación y Portada:

Ing. Vinicio Alvarado Jaramillo

Diseño de logotipo:

Ing. Vinicio Alvarado Jaramillo

Fotografía:

Dr. Zhofre Aguirre Mendoza

Institución Editora:

Universidad Nacional de Loja

Código Postal:

110150

Ciudad:

Loja

Parroquia:

San Sebastián

Teléfono: (+593) 07 - 2547275

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

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

Para ver una copia de esta licencia visite:

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

