

# Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador

Oswaldo Jadán<sup>1</sup>  
Sven Günter<sup>2</sup>  
Bolier Torres<sup>3</sup>  
Daniela Selesi<sup>4</sup>

## Resumen

En este estudio se evaluó un sistema de bosque y tres sistemas agroforestales SAFs, tradicionales denominados localmente “chakras” con cultivo de cacao propagado sexual y asexualmente dentro de cuatro sistemas de uso de la tierra: 1) bosque primario, 2) chakra con cacao por semilla; 3) chakra con cacao injerto y 4) chakra sin cultivo comercial, en la Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador. Se analizó las variables por área total de muestreo en 6,92 has y promedios por parcela aplicando ANDEVA, correlaciones de Pearson y regresiones lineales. La riqueza, abundancia, área basal y volumen comercial en las especies arbóreas maderables potenciales con  $dap \geq 10$  cm, es superior en el bosque frente a las chakras. La chakra de cacao por semilla e injerto registra mayores valores que la chakra sin cultivo comercial. El volumen comercial aprovechable

## Abstract

In this study a system of forest and three SAFs traditional locally called “chakras” were evaluated in cocoa farming spread sexually and asexually in four land use systems: 1) primary forest, 2) chakra cocoa farmed by seed; 3) chakra with cocoa graft, and 4) chakra without cash crop in Sumaco Biosphere Reserve, Ecuador. Variables were analyzed for total sampling area of 6.92 hectares and averages per plot using ANOVA, Pearson correlations and linear regressions. The richness, abundance, basal area, and commercial volume of potential timber tree species with  $dbh \geq 10$  cm, is higher in the forest in comparison with chakras. Chakras with cacao farmed by seed and graft recorded values greater than the non-commercial cultivation. The usable commercial volume in the forest was 1.6 times higher than the cocoa chakra farmed by seed, 3.7 times than cocoa grafted and 57 times than

1. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias; Cuenca, Ecuador; [oswaldo.jadan@ucuenca.edu.ec](mailto:oswaldo.jadan@ucuenca.edu.ec)

2. Centro Agronómico Tropical para la Investigación y Enseñanza, CATIE; Cartago, Costa Rica; Instituto Internacional de Silvicultura y Economía Forestal: Hamburgo, Alemania; [sven.guenter@ti.bund.de](mailto:sven.guenter@ti.bund.de)

3. Universidad Estatal Amazónica; Ecuador; [btorres@uea.edu.ec](mailto:btorres@uea.edu.ec)

4. Universidad Humboldt de Berlín; Alemania; [eleala@web.de](mailto:eleala@web.de)

en el bosque fue superior 1,6 veces que la chakra de cacao semilla; 3,7 que el cacao injertado y 57 veces que la sin cultivo comercial. El bosque y chakra de cacao por semilla, registran valores superiores a los promedios aprovechados a nivel nacional ( $11,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), por lo que un aprovechamiento legal podría generar ingresos económicos a los finqueros. A pesar de estas existencias, probablemente solo se reduce la presión hacia el bosque con herramientas de planificación silvicultural integral en base a diversificación forestal, fomentando el cultivo de especies maderables en las chakras y otros espacios con aptitud forestal, con especies comerciales nativas del bosque y de alta demanda en el mercado maderero.

**Palabras clave:** sistemas agroforestales, chakras, kichwa, potencial forestal, sumaco, volumen aprovechable.

## Introducción

En el Ecuador la tasa de deforestación es alta dentro de la región tropical, se pierden 66 mil hectáreas anualmente (MAE, 2012). Esto implica reducción en la riqueza florística existente en los bosques amazónicos y de la oferta a perpetuidad de madera (Pitman et al. 2001; Poore, 2013). En el país existe insuficiente información sobre la oferta actual o potencial proveniente de ecosistemas forestales (FAO, 2010). La tendencia de aprovechamiento forestal legal es alta, es así que en el periodo 2007-2009 se incrementó en un 30% el volumen de madera aprobado. Como base para la producción de madera, leña y otros productos forestales, argumentos históricos expresan la importancia de promover manejo productivo sostenible de árboles en sistemas agroforestales (SAFs) (Vaast, Beer, Harvey, & Harmand, 2005).

En la parte baja de la Reserva de la Biosfera Sumaco (RBS), existen unidades de manejo denominadas fincas que poseen diferentes sistemas de uso de la tierra (SU). El bosque nativo es el uso más grande con el 38% de la superficie promedio entre todas las fincas. Este SU forma parte de la región occidental de la amazonia donde están presentes los bosques más diversos de toda la región (Leigh et al. 2004; Pitman, et al. 2001). Como sistemas productivos agrícolas sobresalen las chakras tradiciones de producción de cacao con el 29% que son practicados por la etnia indígena Kichwa y pocos migrantes colonos. Estos sistemas son considerados los más importantes en la región debido a la superficie, distribución e importancia económica, ecológica y sociocultural que poseen. También están presentes las chakras tradicionales sin cultivo comercial presentes en un 4%. Estos son escenarios de producción para subsistencia donde se cultiva productos como la yuca, papa china, maíz, plátano, guineo, combinados con pocas especies

the non-commercial cultivation. The forest and chakra cocoa farmed by seed recorded higher values than averages harvested nationally ( $11.3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) such that a legal use could generate income to the owners of the farms. Although these stocks, probably the pressure on the forest is just reduced with integrated tools of silvicultural planning based on forestry diversification, encouraging the cultivation of timber species in chakras and other areas suitable for forestry, native commercial species in the forest high demand in the timber market.

**Keywords:** agroforestry systems, chakras, kichwa, forestry potential, sumaco, usable volume.

forestales y plantas herbáceas medicinales (Grijalva et al. 2011; Selesi, 2013).

En la región, los ingresos económicos totales por los finqueros son generados en un 55% por actividades agrícolas, en especial por la comercialización de cacao, plátano y maíz, sin considerar la actividad forestal (Selesi, 2013). Las chakras con y sin cacao se caracterizan por sus usos múltiples, debido a la diversidad de especies que poseen. Allí, las existencias del recurso forestal es importante ya que puede constituirse en una fuente potencial adicional de ingresos monetarios, además de evitar la presión hacia el bosque (López & Detlefsen, 2012).

Como aporte para disminuir la presión hacia el bosque por la extracción de madera, bajo el supuesto de mayor existencia en riqueza especies y producción forestal dentro del bosque primario en comparación con los SAFs tradicionales, esta investigación se enfoca en evaluar variables de riqueza, abundancia y productividad de especies arbóreas, maderables y aprovechables existentes en los SAFs tradicionales, y comparar con el bosque primario en la RBS. También se evaluó la relación entre la riqueza de especies con la producción forestal para predecir posibles impactos por aprovechamiento. Se propone como hipótesis que los sistemas agroforestales tradicionales “chakras” son una opción forestal maderable para reducir la presión hacia el bosque nativo por aprovechamiento selectivo de madera, y que pueden generar ingresos adicionales para los propietarios de las fincas.

## Materiales y métodos

**Ubicación del área de estudio.** El estudio se realizó en la parte baja de la RBS perteneciente a la zona de vida

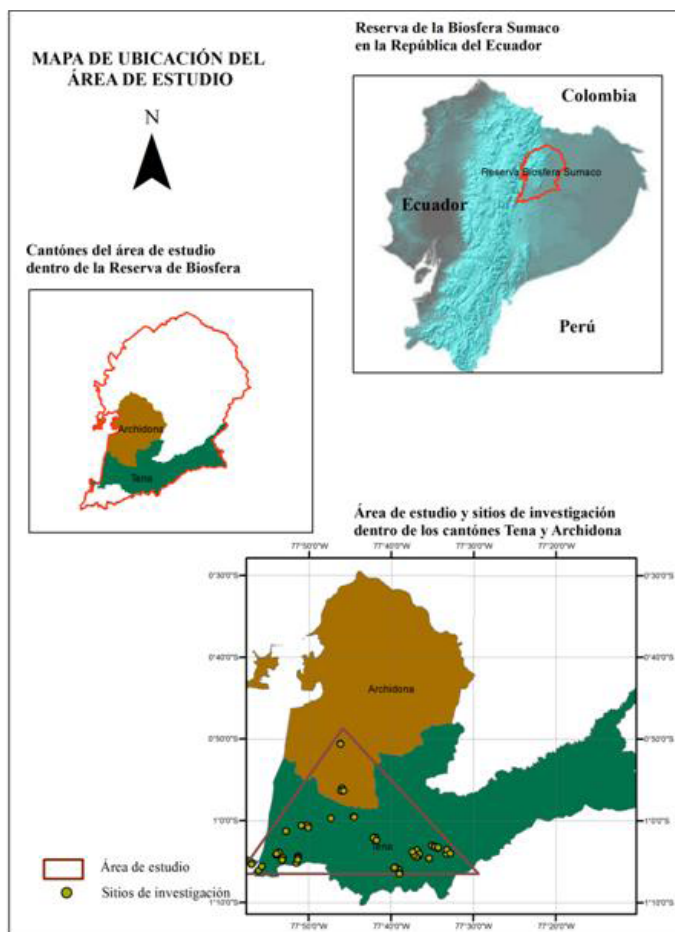


Figura 1. Área de estudio en la Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador.

Figure 1. Study area of Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador.

bosque muy húmedo tropical (Holdridge, 1967). El área de intervención tiene 88 000 ha dentro de los cantones Archidona y Tena, provincia del Napo, en la Amazonia del Ecuador (Figura 1), en altitudes que no superan los 700 msnm. La zona de estudio posee un clima cálido con temperaturas promedio de 28°C. La fisiografía del terreno es moderada con suelos aluviales y coluviales de textura franco en las colinas y franco arenoso en las partes aluviales.

### Toma de datos:

**Sistemas de uso de la tierra evaluados y muestreo de la vegetación.** Se evaluó un sistema de bosque y tres SAFs, tradicionales denominadas localmente “chakras” con cultivo de cacao propagado sexual y asexualmente que conforman cuatro SU: 1) bosque primario, 2) chakra con cacao semilla; 3) chakra con cacao injerto y 4) chakra sin cultivo comercial, en la Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador. Se consideró criterios de selección como la cobertura arbórea  $\geq$  al 10% y área neta de producción superior a 1 ha, identificando 200 fincas - productores (N). Se muestreó al azar 32 fincas (n) que constituyó el 16% de intensidad de muestreo. En

cada finca se ubicó una parcela de muestreo circular de 1600 m<sup>2</sup> distribuidas de la siguiente forma: 15 en la chakra con cacao semilla, 11 en la de cacao injerto y 6 en la chakra sin cultivo comercial. En bosque primario según la existencia y accesibilidad en la zona ecológica de estudio, se instalaron 5 parcelas dentro de la Estación Biológica Jatun Sacha. En cada parcela se identificó taxonómicamente, y se midió el diámetro a la altura de 1,3 m (dap) y la altura comercial de todos los árboles con un dap  $\geq$  10 cm. De cada especie se indagó los usos a los guías de campo, materos o propietarios de las fincas.

**Análisis de la información y estadístico.** La información se analizó en tres categorías de análisis: C1) árboles y palmas en general, todos los individuos arbóreos y palmas con dap  $\geq$  10 cm, que incluyen diferentes usos; C2) especies arbóreas maderables, a los individuos de uso maderable provenientes de la C1 con dap  $\geq$  10 cm; C3) especies arbóreas aprovechables, a todos los individuos arbóreos de uso maderable comerciales aprovechables provenientes de la C2, seleccionados bajo la Normativa Técnica Forestal del Ecuador para bosques naturales y sistemas agroforestales (MAE, 2004, 2010). En los bosques, por estar las parcelas de investigación en zonas con pendientes  $<$  45° y fuera de zonas de protección de cursos de agua, para la selección de árboles a aprovechar se consideraron dos aspectos técnicos que corresponde a Programas de Aprovechamiento Forestal Simplificado (PAFSi): 1) El diámetro mínimo de corta (dmc) específico para cada especie condicionadas o no; 2) Los individuos de sustento para especies condicionadas o no, con su respectivo dmc y su distribución espacial horizontal no mayor a 25 m de cada árbol a talar. En C1 se evaluó el uso con su respectiva riqueza y la abundancia de las especies. En todas las categorías de análisis, se evaluó por superficie total y promedios por unidades de muestreo, la riqueza de especies, abundancia (N ha<sup>-1</sup>), el área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) y volumen comercial (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) en base a las ecuaciones propuestas por (Prodan, 1997). Para comparar y estimar la riqueza de especies arbóreas y palmas en la C1, se construyeron curvas de acumulación de especies en base al área e individuos muestreados (Colwell, 2010). En C2 se evaluó las especies compartidas y los índices de diversidad beta según Sorensen entre el bosque y chakras, para determinar cuáles de los sistemas agrícolas conservan mayor número de especies de uso maderable presentes en el ecosistema nativo y como este uso aporta a la existencia y conservación de la diversidad arbórea. Las variables de riqueza y producción o volumen comercial entre los SU, coeficientes de correlación y relaciones de interdependencia, fueron analizados a través de ANDEVA con prueba LSD de Fisher, correlaciones de Pearson y regresiones lineales con una confiabilidad del 95%, mediante la aplicación del programa estadístico Infostat (Di Rienzo et al. 2011).

## Resultados

### Riqueza florística, abundancia, dominancia y volumen en C1.

Se registró un total de 187 especies en el bosque primario y 110 en las chakras que corresponden a 55 y 68 familias botánicas respectivamente. En el bosque, los promedios en riqueza de especies, abundancia, área basal y volumen comercial  $\text{ha}^{-1}$  son estadísticamente superiores ( $p = 0,0001$ ) en comparación con las tres chakras. Entre las chakras, la riqueza de especies en la chakra con cacao semilla es 1,3 veces superior no significativamente a la chakra con cacao injerto y 1,8 veces que la chakra sin cultivo comercial ( $p < 0,05$ ). La abundancia y área basal es superior ( $p < 0,05$ ) en la con cacao semilla. El volumen comercial en la chakra cacao semilla es 1,7 veces mayor no significativamente que la chakra con cacao injerto y cuatro veces ( $p < 0,05$ ) que la chakra sin cultivo comercial (Cuadro 1a). Las curvas de acumulación de especies (Figura 2a y 2b), muestran que el bosque natural es más rico en especies por área e individuos muestreados, en comparación con la chakra cacao semilla, injerto y la sin cultivo comercial, bajo intervalos de confianza ( $p < 0,05$ ). Para una hectárea de muestreo en el bosque primario se estimó la presencia de 240 especies comparado con 35 en la chakra cacao semilla, 25 especies en la con cacao injerto y 15 en la chakra sin cultivo comercial.

**Usos de las especies arbóreas en C1.** En las chakras de cacao el mayor número de especies es para el uso maderable, no así en la chakra sin cultivo comercial donde existe mayor riqueza de especies frutales. En el bosque primario se registran 84 especies sin uso específico, frente a 79 maderables. Sin embargo estas últimas son más abundantes en todos los SU. Los usos de aceites, artesanías, construcción de cubiertas y medicinales poseen un número reducido de especies (Figura 3).

Los árboles maderables con  $\text{dap} \geq 10$  cm en el bosque primario registraron 79 especies, en la chakra con cacao semilla 23 especies, chakra con cacao injertado 19 especies y en la sin cultivo comercial 6 especies. En el bosque las especies maderables de demanda comercial como: *Otoba glycyarpa* y *Chimarrhis glabriflora*, poseen mayores valores en abundancia, área basal y volumen comercial. En las chakras sobresalen *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* que son especies maderables de alta demanda comercial. Estas especies no están compartidas en el bosque primario por lo que se deduce que son plantadas. En el Cuadro 2 se muestran las 5 especies maderables con los mayores valores en abundancia, área basal y volumen comercial registradas en los diferentes SU. Los promedios en riqueza de especies son superiores en el bosque primario ( $p = 0,0001$ ) con  $23,4 \pm 2,9$  especies, frente a las chakras. En el bosque primario, los parámetros de abundancia, área basal y volumen comercial son superiores ( $p = 0,0001$ ) con  $276,3 \pm 17,3$   $\text{N ha}^{-1}$ ;  $23 \pm 3,6$   $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ;  $182,7 \pm 52,1$   $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , respectivamente, en comparación con las tres chakras. Entre las chakras, la riqueza de especies es superior 1,2 veces no significativamente en la chakra cacao semilla frente a la chakra con cacao injerto y dos veces a la chakra sin cultivo comercial ( $p < 0,05$ ). La abundancia es superior ( $p < 0,05$ ) en la chakra cacao semilla frente a las dos chakras. Entre el bosque y la chakra con cacao semilla existe el mayor número de especies maderables compartidas y poseen el mayor índice de similitud según Sorensen (Cuadro 1b).

### Riqueza florística, abundancia, dominancia y volumen en C3.

En la chakra con cacao semilla se registraron 11 especies, en la chakra con cacao injerto 10 especies, el bosque primario y la chakra sin cultivo comercial dos especies. El bosque primario posee los mayores valores en área basal y volumen comercial con  $3,1$   $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$   $34,1$

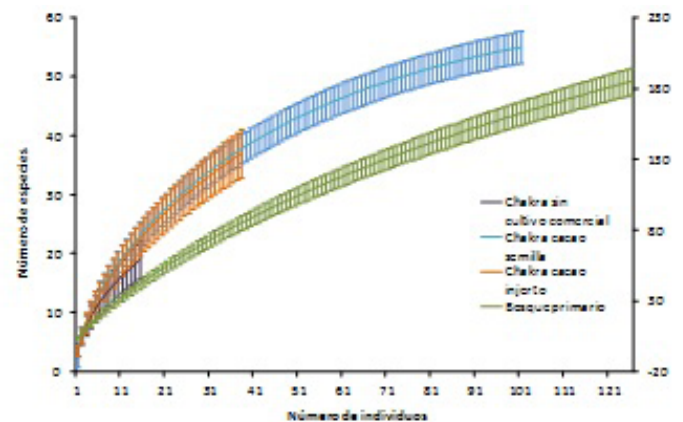
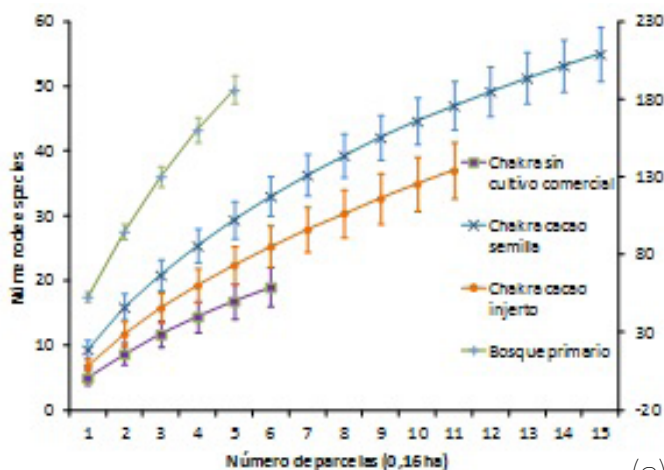


Figura 2. Curvas de acumulación de especies ( $\pm$  desviación estándar) basado en el área (2a) y número de individuos (2b) muestreados para cada uso de la tierra. Eje secundario (derecha) para valores del bosque primario.

Figure 2. Species accumulation curves ( $\pm$  standard deviation) based in the area (2a) and number of individuals (2b) sampled for each land use. Secondary axis (right) for values of primary forest.



## Discusión

La mayor riqueza de especies arbóreas y palmas C1 registrada en el bosque es un valor característico del contexto amazónico ecuatoriano en especial de la región occidental donde existe la mayor riqueza y diversidad de especies a nivel mundial (Leigh, et al. 2004; Pitman, et al. 2001). La riqueza superior en las chakras con cacao respecto a la sin cultivo comercial se debe a que en en los SU con cacao, las arbóreas y palmas son componentes principales del sistema (López & Detlefsen, 2012). El dosel arbóreo forman parte de su evolución antropogenica, desde un sistema de subsistencia denominado chakra sin cultivo comercial a uno más rentable y estable que mantiene sinergias entre producción y conservación (Grijalva, et al. 2011; Selesi, 2013; Tschardt et al. 2014).

En la chakra sin cultivo comercial son más abundantes las especies herbáceas de subsistencia que están asociadas con pocas arbóreas o palmas, utilizadas mayormente como frutales (Selesi, 2013). Las riqueza de arbóreas encontradas en la chakra con cacao semilla del Sumaco es superior a los reportados por (Suatunce, Somarriba-Chávez, Harvey, & Finegan, 2003) (56 especies) y (Guiracocho, Harvey, Somarriba, Krauss, & Carrillo, 2001) (35 especies) en SAFs con cultivos de cacao en Centro América, lo que está determinado por el manejo agrícola en cada contexto. En escenarios con marcada diversidad cultural e influencias geográficas, el manejo agrícola del cultivo de cacao se desarrolla desde lo tradicional hasta lo convencional o moderno, impulsado con la transferencia académica y tecnológica donde se considera tipos de especies y manejo de sombras adecuadas, para mantener e incrementar la eficiencia del cultivo de cacao (Deheuvels, Avelino, Somarriba, & Malezieux, 2012).

En los árboles maderables de la C2, parámetros de riqueza, abundancia y volumen comercial superiores en el bosque frente a los usos agrícolas, afirma el potencial forestal maderable existente en los bosques amazónicos del Ecuador con árboles > a 10 cm de dap (Palacios & Jaramillo, 2001). En las chakras con cacao, existe mayor riqueza de especies arbóreas maderables (C2) que en la sin cultivo comercial, ya que en esta segunda sobresalen las arbóreas frutales, característico de un sistema de subsistencia (Grijalva, et al. 2011; Selesi, 2013). Es así que para incrementar la riqueza de especies maderables y volúmenes aprovechables a futuro, en las chakras de subsistencia o otros sitios con aptitud forestal y consecuentemente disminuir la presión hacia el bosque se debe aplicar herramientas de planificación silvicultural integral, como la diversificación forestal entre sistemas forestales y agroforestales o chakras (Gunter, Weber, Stimm, & Mosandl, 2012) Entre las chakras combinar escenarios de mayor existencia, potencial forestal y cultivos rentables, con los de menor existencia que posean aptitud. Además se debe articular

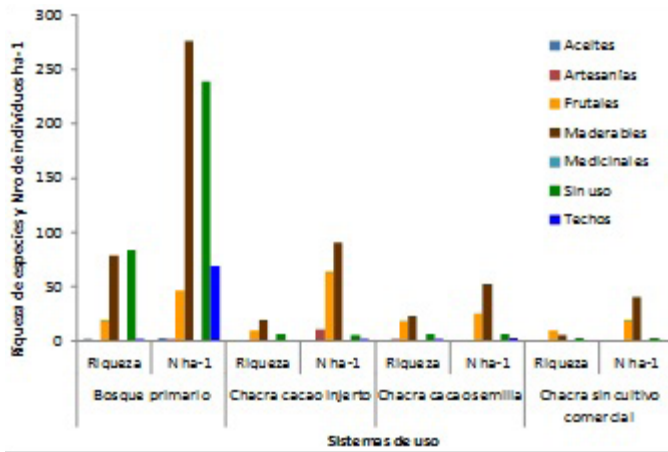


Figura 3. Usos, riqueza de especies y abundancia de árboles y palmas con dap  $\geq$  10 cm.

Figure 3. Uses, species richness and abundance of trees and palms with dbh  $\geq$  10 cm.

$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , respectivamente. En esta categoría de análisis sobresalen las mismas especies de la C2: *O. glycyarpa* y *C. glabriflora*. Lo mismo sucede en las chakras de cacao con *C. alliodora* y *C. odorata* que presentan los mayores volúmenes. En el Cuadro 2 se muestran todas las especies aprovechables del bosque y las chakras tradicionales con valores de abundancia, área basal y volumen comercial por hectárea. Los promedios en riqueza de especies son iguales estadísticamente entre el bosque con las dos chakras de cacao. Así mismo son superiores ( $p < 0,05$ ) entre la chakra con cacao semilla frente a la chakra sin cultivo comercial. Los parámetros de abundancia, área basal y volumen comercial no registraron diferencias significativas, entre los SU evaluados, a excepción de la chakra sin cultivo comercial que presentó menores valores en abundancia ( $p < 0,05$ ) en comparación con los demás SU (Cuadro 1c).

**Relaciones entre volumen comercial y riqueza de especie.** Según las correlaciones de Pearson en todos los SU de la tierra, la riqueza de especies arbóreas y palmas de la C1 está correlacionada significativamente con la riqueza de especies maderables de C2. En el bosque la riqueza de especies arbóreas y palmas de C1 se correlaciona negativamente ( $p < 0,05$ ) con la riqueza y volúmenes de especies aprovechables de la C3 ( $r = -0,88$ ;  $-0,94$ ). En la chakra con cacao injerto la riqueza de maderables C2 esta correlacionada ( $p < 0,05$ ) con la riqueza de aprovechables C3 ( $r = 0,72$ ). En la ckakra sin cultivo comercial la riqueza de arbóreas y palmas de C1 y maderables de C2 están correlacionadas ( $p < 0,05$ ) con la el volumen comercial aprovechable ( $r = 0,88$ ;  $r = 0,89$ ) (Cuadro 3). Los modelos de regresión lineal entre las variables correlacionadas estadísticamente, muestran coeficientes de determinación ajustados ( $R^2$ ) entre 0,61 y 0,99 con ( $p < 0,05$ ) en la riqueza de especies arbóreas y palmas (C1), maderables (C2) y aprovechables (C3), utilizadas como variables independientes (Cuadro 4).

**Cuadro 1.** Promedio ( $\pm$  error estándar) para riqueza, abundancia, área basal de las especies arbóreas y palmas - C1 (1a); arbóreas maderables - C2 (1b) y maderables aprovechables - C3 (1c) en parcelas de 0,16 ha para los cuatro sistemas de uso evaluados en la Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador.

**Table 1.** Average ( $\pm$  standard error) for richness, abundance, basal area of tree species and palms - C1 (1a); timber tree - C2 (1b) and timber usable - C3 (1c) in plots of 0.16 ha for the four systems evaluated using the Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador.

Variables	Bosque primario	Sistema Agroforestal tradicional (chakra)		
		Chakra con cacao semilla	Chakra con cacao injerto	Chakra sin cultivo comercial
<b>(1a)</b>				
Riqueza sp,	53,2 $\pm$ 4,8 a	9,2 $\pm$ 1,15 b	6,82 $\pm$ 1,15 bc	5 $\pm$ 1,1 c
Abundancia (N ha <sup>-1</sup> )	633,75 $\pm$ 31,37 a	161,67 $\pm$ 18,11 b	86,93 $\pm$ 21,15 c	64,58 $\pm$ 28,64 c
Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	37,74 $\pm$ 4,18 a	9,81 $\pm$ 1,2 b	6,2 $\pm$ 1,07 c	3,07 $\pm$ 1,31 d
Volumen comercial (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	266,37 $\pm$ 41,15 a	48,74 $\pm$ 6,94 b	29 $\pm$ 7,24 bc	11,85 $\pm$ 8,9 c
<b>(1b)</b>				
R spp maderables	23,4 $\pm$ 2,9 a	4,6 $\pm$ 0,6 b	3,7 $\pm$ 0,7 bc	2,2 $\pm$ 0,8 c
Especies compartidas	-	5	3	0
Índice similitud de Sorensen	-	0,106	0,066	0
Abundancia (N ha <sup>-1</sup> )	276,3 $\pm$ 17,3 a	84,6 $\pm$ 10 b	52,86 $\pm$ 11,7 c	40,7 $\pm$ 15,8 c
Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	23 $\pm$ 3,6 a	5,45 $\pm$ 0,8 b	3,4 $\pm$ 0,8 bc	1,7 $\pm$ 0,9 c
V comercial (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	182,7 $\pm$ 52 a	33,29 $\pm$ 7 b	16,4 $\pm$ 4,4 c	5 $\pm$ 2,2 d
<b>(1c)</b>				
Riqueza sp aprovechables	0,6 $\pm$ 0,4 ab	1,6 $\pm$ 0,4 a	1,5 $\pm$ 0,4 a	0,3 $\pm$ 0,2 b
Abundancia (N ha <sup>-1</sup> )	6,3 $\pm$ 6,5 a	15,8 $\pm$ 3,8 a	10,2 $\pm$ 4,4 a	3,1 $\pm$ 6 b
Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	3,3 $\pm$ 1,4 a	3,1 $\pm$ 0,8 a	1,7 $\pm$ 0,9 a	0,3 $\pm$ 1,2 a
Volumen comercial aprovechable (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	34,1 $\pm$ 12 a	21,6 $\pm$ 7 a	9,3 $\pm$ 8,1 a	0,6 $\pm$ 11 a

Letras diferentes indican diferencias significativas (Fisher,  $p < 0,05$ ). Sp: especies compartidas; IS: Índice de Similitud de Sorensen.

Different letters indicate significant differences (Fisher,  $p < 0.05$ ). Sp: shared species; IS: Sorensen similarity index.

Cuadro 2. Abundancia, área basal y volumen comercial de las cinco primeras especies de las categoría C2 y todas las aprovechables de C3 en 5,9 has de muestreo para los cuatro sistemas de uso evaluados en la Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador.

Table 2. Abundance, basal area and volume of trade in the first five species of category C2 and C3 all usable species in 5.9 hectares of sampling for the four systems evaluated using the Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador.

Sistema	Especie	Árbóreas maderables (C2)			Árbóreas maderables aprovechables (C3)		
		N ha <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
Bosque primario	<i>Otoba glycyarpa</i> W.A.Rodrigues	51,3	6,7	55,4	2,5	1,3	13,5
	<i>Chimarrhis glabriflora</i> Ducke*	7,5	2,2	20,2	2,5	1,3	13,0
	<i>Guarea carinata</i> Ducke*	6,3	1,4	17,9	Na	Na	Na
	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry*	17,5	1,6	12,8	1,3	0,7	7,6
	<i>Vochysia leguiana</i> J.F. Macbr.*	1,3	0,8	11,0	Na	Na	Na
	Otras	192,5	10,4	65,4	Na	Na	Na
<b>Total</b>		<b>276,3</b>	<b>23,0</b>	<b>182,7</b>	<b>6,3</b>	<b>3,3</b>	<b>34,1</b>
Chakra con cacao injerto	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken*	16,5	0,8	5,1	3,4	0,4	3,1
	<i>Cedrela odorata</i> L.*	9,7	1,1	4,9	1,1	0,5	3,3
	<i>Vochysia bracediniae</i> Standl.*	9,7	0,4	2,0	0,6	0,0	0,3
	<i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gmel) Exell.*	1,1	0,1	0,7	Na	Na	Na
	<i>Ruagea glabra</i> Triana & Planch.*	1,1	0,1	0,6	0,6	0,1	0,6
	<i>Artocarpus atillis</i> (Parkinson) Fosberg	0,6	0,1	0,4	0,6	0,1	0,4
	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	0,6	0,1	0,4	0,6	0,1	0,4
	<i>Crematosperma gracilipes</i> R.E. Fr.	0,6	0,1	0,4	0,6	0,1	0,4
	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	0,6	0,2	0,3	0,6	0,2	0,3
	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> Baehni	3,4	0,2	0,4	1,1	0,1	0,3
	<i>Citharexylum poeppigii</i> Walp.	2,3	0,1	0,3	1,1	0,1	0,3
Otras	6,6	0,1	0,9				
<b>Total</b>		<b>52,8</b>	<b>3,4</b>	<b>16,4</b>	<b>10,2</b>	<b>1,7</b>	<b>9,3</b>
Chakra con cacao semilla	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken *	41,1	2,7	18,1	9,8	1,8	13,6
	<i>Cedrela odorata</i> L.*	17,0	1,1	5,0	0,9	0,4	2,0
	<i>Ceiba samauma</i> (C.Mart. & Zucc.) Schum. *	1,8	0,3	2,4	1,3	0,3	2,3
	<i>Vochysia bracediniae</i> Standl. *	4,0	0,2	2,0	1,3	0,2	1,4
	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke *	4,0	0,2	0,9	0,9	0,1	0,5
	<i>Chimarrhis glabriflora</i> Ducke	1,3	0,1	0,7	0,4	0,1	0,6
	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	1,8	0,1	0,5	0,4	0,1	0,4
	<i>Zanthoxylum brisanum</i> Lam.	0,4	0,1	0,3	0,4	0,1	0,3
	<i>Ruagea glabra</i> Triana & Planch.	1,8	0,1	0,5	0,4	0,1	0,2
	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	0,4	0,0	0,1	0,4	0,0	0,1
	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> Baehni	4,9	0,2	0,4	0,4	0,0	0,1
Otras	12,1	0,4	2,4				
<b>Total</b>		<b>90,6</b>	<b>5,5</b>	<b>33,3</b>	<b>17,0</b>	<b>3,1</b>	<b>21,6</b>
Chakra sin cultivo comercial	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken *	17,7	0,6	1,7	Na	Na	Na
	<i>Cedrela odorata</i> L*	8,3	0,4	1,3	Na	Na	Na
	<i>Ruagea glabra</i> Triana & Planch. *	6,3	0,3	1,0	2,1	0,2	0,5
	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski *	3,1	0,1	0,5	Na	Na	Na
	<i>Vochysia bracediniae</i> Standl. *	2,1	0,2	0,3	1,0	0,1	0,2
	Otras	3,1	0,1	0,2			
<b>Total</b>		<b>40,6</b>	<b>1,7</b>	<b>5,0</b>	<b>3,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>

N ha<sup>-1</sup>: abundancia; m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>: área basal por hectárea; m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>: volumen comercial por hectárea; Na: no aprovechable según normativa forestal; \*Especies con mayores valores en la Categoría 2.

N ha<sup>-1</sup>: abundance; m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>: basal area per hectare; m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>: trade volume per hectare; Na: not usable as forestry regulations; \* Species with highest values in Category 2.

**Cuadro 3.** Correlaciones de Pearson entre riquezas y volúmenes de especies arbóreas, maderables con un dap  $\geq 10$  cm, y aprovechables según los diámetros mínimos de corta para los cuatro sistemas de uso evaluados en la Reserva de la Biosfera Sumaco.

**Table 3.** Pearson correlations between richness and volumes of trees, timber species with dbh  $\geq 10$  cm, and usable as the minimum cutting diameters for the four systems evaluated using the Reserva de la Biosfera Sumaco.

Variable A	Variable B	Bosque primario	Chakras (sistema agroforestal tradicional)		
			Chakra con cacao semilla	Chakra con cacao injerto	Chakra sin cultivo comercial
Riqueza maderables (C2)	Riqueza arbóreas y palmas (C1)	0,92*	0,62*	0,94**	0,96**
Riqueza aprovechables (C3)	Riqueza arbóreas y palmas (C1)	-0,88*	0,19	0,6	0,87*
	Riqueza maderables (C2)	-0,7	0,36	0,72*	0,88*
Volumen comercial arbóreas (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) (C1)	Riqueza arbóreas y palmas (C1)	-0,78	0,15	0,6	0,47
Volumen comercial maderables (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) (C2)	Riqueza arbóreas y palmas (C1)	-0,79	-0,02	0,39	0,79
	Riqueza maderables (C2)	-0,78	0,31	0,39	0,77
Volumen comercial aprovechable (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) C(C3)	Riqueza arbóreas y palmas (C1)	-0,94*	0,0044	0,29	0,88*
	Riqueza maderables (C2)	-0,78	0,27	0,3	0,89*
	Riqueza aprovechables (C3)	0,99*	0,61*	0,77**	Nc

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,0001$ ; R: riqueza de especies; Nc: No correlacionada.

\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.0001$ ; R: species richness; Nc: No correlated.

**Cuadro 4.** Regresiones lineales entre riqueza y volumen de especies arbóreas, maderables con un dap  $\geq 10$  cm y aprovechables según diámetros mínimos de corta para los cuatro sistemas de uso evaluados en la Reserva de la Biosfera Sumaco.

**Table 4.** Linear regressions between richness and volume of trees, timber species with dbh  $\geq 10$  cm and usable as minimum cutting diameters for the four systems evaluated using the Reserva de la Biosfera Sumaco.

Variable dependiente (Y)	Variable independiente (X)	Bosque primario	Sistema Agroforestal tradicional (chakra)		
			Chakra con cacao semilla	Chakra con cacao injerto	Chakra sin cultivo comercial
Riqueza maderables (C2)	Riqueza arbóreas y palmas (C1)	<b>R<sup>2</sup> = 0,81</b> Y=-8,48+0,60X (p = 0,0248)	<b>R<sup>2</sup> = 0,52</b> LnY=-0,01+0,68LnX (p = 0,0014)	<b>R<sup>2</sup> = 0,88</b> LnY=0,15+0,15X (p = 0,0001)	<b>R<sup>2</sup> = 0,98</b> Y=-1,61+2,5LnX (p = 0,0001)
Riqueza aprovechables (C3)	Riqueza arbóreas y palmas (C1)	<b>R<sup>2</sup> = 0,70</b> Y=5,04-0,08X (P = 0,0499)	Ns	Ns	<b>R<sup>2</sup> = 0,75</b> Y=-1,17+1LnX (P = 0,0158)
	Riqueza maderables (C2)	Ns	Ns	<b>R<sup>2</sup> = 0,48</b> Y=-0,79+1,92LnX (p = 0,0108)	<b>R<sup>2</sup> = 0,73</b> Y=-0,51+0,29X (p = 0,0196)
Volumen comercial aprovechable (C3) m <sup>3</sup> /ha	Riqueza arbóreas y palmas (C1)	<b>R<sup>2</sup> = 0,96</b> LnY=60,84-14,85LnX (p = 0,0024)	Ns	Ns	<b>R<sup>2</sup> = 0,75</b> Y=-5,37+4,06X (p = 0,0164)
	Riqueza maderables (C2)	Ns	Ns	Ns	<b>R<sup>2</sup> = 0,78</b> Y=-12,29+10,44LnX (p = 0,0122)
	Riqueza aprovechables (C3)	<b>R<sup>2</sup> = 0,97</b> Y = 4,21+101,4X (p = 0,0017)	<b>R<sup>2</sup> = 0,32</b> Y = -4,84+29,28X (p = 0,0156)	<b>R<sup>2</sup> = 0,64</b> Ln Y=0,88+0,89X (p = 0,0020)	Nc

Ns: No significativas  $\alpha=0,05$ ; Nc: No correlacionadas

Ns: Not significant  $\alpha = 0,05$ ; Nc: No correlated



el uso de arbóreas para subsistencia y maderables, como estrategia de articulación entre seguridad alimentaria y producción forestal (Van Vliet et al. 2012).

El bosque posee el mayor volumen potencial con especies maderables > 10 de dap en C2, pero en C3 la riqueza de especies aprovechables registran valores no significativos. Esto es resultado de aplicar la normativa forestal que es mucho más exigente técnicamente para el bosque natural en comparación con las chakras o SAF, especialmente en variables como diámetros mínimos de corta y sustento de cada individuo, lo que ocasiona disminución en volumen aprovechable del bosque. (Jadán, 2012) en las chakras del Sumaco ha documentado que mientras mayor es la cobertura arbórea, menor el ingreso económico proveniente de actividades agrícolas, por lo que el aprovechamiento de volúmenes de madera legal, permitiría obtener ingresos económicos adicionales (López & Detlefsen, 2012).

En el bosque primario, la correlación significativa y negativa entre volumen comercial aprovechable (C3) con la riqueza de arbóreas y palmas (C1), podría indicar una concentración espacial de pocas especies arbóreas con volúmenes altos, por lo que un aprovechamiento maderable legal no afectaría dicha riqueza. Si este resultado se confirma al evaluar un mayor número de parcelas en bosque primario con los datos del Inventario Forestal Nacional, sería un criterio favorable para el manejo forestal, bajo intervenciones en áreas con mayor volumen aprovechable y conservar aquellos sitios con mayor diversidad donde existan especies maderables con diámetros por debajo de los mínimos de corta, sin especies similares para sustento y que pueden ser aprovechadas en futuras cosechas. Sin embargo se debe considerar la selectividad de especies para no provocar su vulnerabilidad o posible extinción en el futuro (Laurance & Useche, 2009). En las chakras, la con cacao semilla registra mayor riqueza de especies de uso maderable (C2), cuyo valor está correlacionado con la riqueza de arbóreas y palmas existentes (C1), lo que posiblemente está influenciado por la abundancia de especies maderables presentes en estos SU. Estas especies además del uso maderable, sirven como elementos intrínsecos al sistema y aportan a la conservación de la biodiversidad y conectividad de paisajes fragmentados (Fischer, Lindenmayer, & Manning, 2006).

## Conclusiones

El bosque primario, con especies arbóreas y palmas (C1) registra la mayor riqueza especies, densidad, área basal y volumen comercial que los tres sistemas agroforestales tradicionales (chakras) estudiadas en la RBS.

En las especies maderables (C2), el bosque primario presentó mayor riqueza de especies (total y promedio),

densidad, área basal y volumen comercial por hectárea que las chakras. Las chakras con cacao presentan mayor riqueza de maderables que la sin cultivo comercial, lo que indica que en la chakra con potencial para la subsistencia existe menores recursos forestales maderables potenciales, pero al mismo tiempo se constituye el escenario potencial para diversificación forestal a futuro.

La riqueza y volumen de las especies aprovechables (C3) es igual en todos los SU. Desde C2, el bosque disminuye su riqueza y volumen aprovechable en 38 y cinco veces, respectivamente, por la aplicación estricta de la normativa forestal ecuatoriana que a través de sus condicionamientos técnicos como diámetros mínimos de corta y sustento individual dentro de cada especie, implica un volumen aprovechable moderado que no afecta la riqueza arbórea del bosque (C1) y por ende su estructura y funcionalidad.

Según un valor comercial procedente de una oferta del mercado maderero y en base a las existencias de volumen aprovechable (C3) en las chakras con cacao que son similares a los bosques y superiores a los promedios nacionales, pueden a través de su aprovechamiento legal y comercialización incrementar los ingresos económicos de las familias involucradas.

Actualmente en base a la oferta del mercado maderero existe alta selectividad por especies maderables nativas, por lo que para disminuir su presión se debe aplicar herramientas de planificación silvicultural integral con la diversificación forestal. Bajo esta perspectiva se debe fomentar el cultivo de maderables en las chakras y otros espacios de aptitud, con especies comerciales nativas del bosque, en especial las más presionadas y requeridas por el mercado selectivo.

## Agradecimientos

A GIZ del Napo y Kallari en especial a Carlos Poso. A los técnicos de Kallari, Ruth Cayapa, Lizandro Pizango, Lucho Pobeda quienes colaboraron eficientemente en el levantamiento de información en las comunidades indígenas del Napo. A los técnicos de la GIZ, en especial a Jaime Shiguango y Heike Quast (+) por su ayuda logística en el desarrollo de la investigación. A Willan Pobeda y Ángel Alvarado por su colaboración en la identificación botánica. A la Fundación Jatun Sacha y Dr. David Neill por permitirme ingresar al bosque primario. A Darío Veintenilla y Darwin Pucha por lectura y revisión del documento.

## Referencias

- Colwell, R. (2010). EstimateS, version 8.2. 0: Statistical estimation of species richness and shared species from samples, software and user's guide.© 2006. *University of Connecticut, Mansfield, Connecticut. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>*
- Deheuvels, O., Avelino, J., Somarriba, E. & Malezieux, E. (2012). Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 149, 181-188
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C. (2011). InfoStat versión 2011. *Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>*
- FAO. (2010). FRA - Evaluación de los recursos forestales mundiales: FAO
- Fischer, J., Lindenmayer, D. B. & Manning, A. D. (2006). Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(2): 80-86
- Grijalva, J., Limongi, R., Arévalo, V., Vera, R., Quiroz, J., Yumbo, A., y Cerda, A. (2011). *Mejoramiento de Chakras, Una alternativa de sistema integrado con cacao, cultivos anuales y árboles en el Alto Napo. Boletín divulgativo N°372. Programa Nacional de Forestería del INIAP. Editorial Nina Comunicaciones. Quito – Ecuador. 28p.*
- Guiracocha, G., Harvey, C., Somarriba, E., Krauss, U. y Carrillo, E. (2001). Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería de las Américas*, 8(30): 7-11
- Gunter, S., Weber, M., Stimm, B. & Mosandl, R. (2012). Linking tropical silviculture to sustainable forest management. *Bois et forêts des tropiques*(314): 25-39
- Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology. *Life zone ecology*. (rev. ed.)
- Jadán, A. (2012). Influencia del uso de la tierra con cultivos de cacao, chakras y bosque primario, sobre la diversidad, almacenamiento de carbono y productividad en la Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador. Tesis Mag Sc. Turrialba CR. CATIE. 109 p.
- Laurance, W. F. & Uuseche, D. C. (2009). Environmental synergisms and extinctions of tropical species. *Conservation Biology*, 23(6): 1427-1437
- Leigh, E. G., Davidar, P., Dick, C. W., Terborgh, J., Puyravaud, J. P., Steege, H. & Wright, S. J. (2004). Why do some tropical forests have so many species of trees? *Biotropica*, 36(4): 447-473
- López, A. y Detlefsen, G. (2012). Agroforestería y la producción de madera. In G. Detlefsen & E. Somarriba (Eds.), *Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica* (1. ed.- Turrialba, CR: CATIE, 2012 ed., pp. 9-18)
- MAE. (2004). Ministerio del Ambiente de Ecuador. Normas para el Manejo Forestal Sustentable para el Aprovechamiento de Madera en Bosque Húmedo *Acuerdo Ministerial n° 039, Registro Oficial 399, 16/08/2004 - Capítulo II.*
- MAE. (2010). Ministerio del Ambiente del Ecuador. Procedimientos para autorizar el aprovechamiento y corta de madera. Acuerdo Ministerial 139
- MAE. (2012). Ministerio del Ambiente de Ecuador. Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental, Quito-Ecuador
- Palacios, W. y Jaramillo, N. (2001). Riqueza florística y forestal de los bosques tropicales húmedos del Ecuador e implicaciones para su manejo. *Revista Forestal Centroamericana. Costa Rica*, 46-50
- Pitman, N. C., Terborgh, J. W., Silman, M. R., Núñez V, P., Neill, D. A., Cerón, C. E. & Aulestia, M. (2001). Dominance and distribution of tree species in upper Amazonian terra firme forests. *Ecology*, 82(8): 2101-2117
- Poore, D. (2013). *No timber without trees: sustainability in the tropical forest*: Routledge.
- Prodan, M. (1997). *Mensura forestal*: Agroamerica
- Selesi, D. (2013). *Agroforestry Production Systems and Socioeconomic Aspects of Smallholder Cacao Farmer Households in the Sumaco Biosphere Reserve in Ecuador* Master Thesis in the Study Program Integrated Natural Resources Management, Humboldt Universität zu Berlin
- Suatunze, P., Somarriba-Chávez, E., Harvey, C. A. y Finegan, B. (2003). Composición florística y estructura de bosques y cacaotales en los territorios indígenas de Talamanca, Costa Rica. Floristic composition and structure of forests and cacao plantations in the indigenous territories of Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas.*, 10(37/38): 31-35
- Tscharntke, T., Milder, J. C., Schroth, G., Clough, Y., DeClerck, F., Waldron, A. & Ghazoul, J. (2014). Conserving biodiversity through certification of tropical agroforestry crops at local and landscape scales. *Conservation Letters*
- Vaast, P., Beer, J., Harvey, C. & Harmand, J. (2005). *Environmental services of coffee agroforestry systems in Central America: a promising potential to improve the livelihoods of coffee farmers' communities*. Paper presented at the Integrated management of environmental services in human-dominated tropical landscapes: IV Henri A. Wallace Inter-American Scientific Conference Series, Turrialba
- Van Vliet, N., Mertz, O., Heinemann, A., Langanke, T., Pascual, U., Schmook, B. & Leisz, S. (2012). Trends, drivers and impacts of changes in swidden cultivation in tropical forest-agriculture frontiers: a global assessment. *Global Environmental Change*, 22(2): 418-429