



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



## DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA EN CACAOTALES TRADICIONALES Y BOSQUE NATURAL (SUMACO, ECUADOR)

### Floristic diversity and structure in traditional cocoa plantations and natural forest (Sumaco, Ecuador)

Oswaldo Jadán<sup>1</sup>, Bolier Torres<sup>2</sup>, Daniela Selesi<sup>3</sup>, Denisse Peña<sup>4</sup>, Cornelio Rosales<sup>5</sup> & Sven Günter<sup>6</sup>

Jadán, O., Torres, B., Selesi, D., Peña, D., Rosales, & C. Günter, S. (2016). Diversidad florística y estructura en cacaotales tradicionales y bosque natural (Sumaco, Ecuador). *Colombia Forestal*, 19(2), 129-142.

**Recepción:** 6 de julio de 2015

**Aceptación:** 8 de febrero de 2016

#### Resumen

Se caracterizó la diversidad, estructura horizontal y vertical de la vegetación arbórea y arbustiva en cacaotales tradicionales y bosque maduro. Se evaluó la diversidad alfa, beta y se identificaron relaciones entre la riqueza con la estructura de la vegetación arbórea. El bosque registró los mayores valores en riqueza de especies, abundancia y estructura, seguido por el sistema agroforestal tradicional con cacao semilla. Las especies más importantes ecológicamente en el bosque fueron *Iriartea deltoidea* y *Otoba glycyarpa*. En todos los sistemas agroforestales tradicionales fueron *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata*. En los sistemas agroforestales con cultivo de cacao la riqueza de especies se correlaciona positivamente con la densidad y área basal, marcando dependencia directa entre estas variables. Este resultado no puede generalizarse ya que en el bosque maduro y sistema agroforestal de subsistencia no se registran estas dependencias. Esto posiblemente es explicado por la disetaneidad, tamaños de vegetación y distribución aleatoria de los individuos sobre la riqueza de especies. Se concluyó que el bosque maduro y el

sistema agroforestal con cacao semilla son los sistemas más importantes para conservación de especies arbóreas y arbustivas, según la riqueza, diversidad, índices de similitud y estructura de la vegetación.

**Palabras clave:** Chakras, estructura, índice de valor importancia, riqueza, Sumaco.

#### Abstract

The diversity, horizontal and vertical structure of tree and shrub vegetation in traditional cocoa plantations and primary forest were characterized. The alpha and beta diversity were evaluated and the relationships between richness with the structure of the arboreal vegetation were identified. The forest recorded the highest values in species richness, abundance and structure, followed by the traditional agroforestry system with cacao seed. The most important ecologically species in the forest were *Iriartea deltoidea* and *Otoba glycyarpa*. In all traditional agroforestry systems were *Cordia alliodora* and *Cedrela odorata*. In agroforestry systems with cocoa crops, the richness of species is positively correlated with the density and the basal area, marking a direct dependence

1 Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad de Cuenca, Ecuador. [oswaldo.jadan@ucuenca.edu.ec](mailto:oswaldo.jadan@ucuenca.edu.ec). Autor de correspondencia.

2 Universidad Estatal del Puyo, Ecuador. [btorres@uea.edu.ec](mailto:btorres@uea.edu.ec)

3 Universidad Humboldt de Berlín, Alemania. [eleala@web.de](mailto:eleala@web.de)

4 Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad de Cuenca, Ecuador. [denisse.pena@ucuenca.edu.ec](mailto:denisse.pena@ucuenca.edu.ec)

5 Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad de Cuenca, Ecuador. [cornelio.rosales@ucuenca.edu.ec](mailto:cornelio.rosales@ucuenca.edu.ec)

6 Thünen-Institute of International Forestry and Forest Economics, Hamburgo, Alemania. [sven.guenter@ti.bund.de](mailto:sven.guenter@ti.bund.de)

between these variables. This result cannot be generalized because in the primary forest and the agro-forestry system of subsistence, these dependencies are not recorded. This is possibly explained by the ages of trees, the size of the vegetation and the random distribution of individuals over the richness of the species. It was concluded that the primary forest

and the agro-forestry system with cacao seeds are the most important systems for the conservation of tree and shrub species, according to the richness, diversity, similarity indices and vegetation structure.

**Keywords:** Chakras, structure, importance value index, richness, Sumaco.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques nativos de la amazonia son considerados como los ecosistemas terrestres con la mayor riqueza de especies arbóreas a nivel mundial. En una parcela de una hectárea ubicada en la amazonia norte del Ecuador se han registrado 307 especies de árboles con diámetros mayores a 10 cm y 700 individuos/ha (Berry *et al.*, 2002; Valencia *et al.*, 2004). Los bosques de la amazonia forman parte del capital natural que sirve para la subsistencia de muchas comunidades locales (Turner & Daily, 2008) y a su vez brindan servicios ecosistémicos como la conectividad de paisajes fragmentados, la regulación de ciclos hídricos, conservación de la biodiversidad y el secuestro de carbono (Bonan, 2008).

En la parte baja de la Reserva amazónica de Biosfera Sumaco, están presentes algunos sistemas de uso de la tierra (SUT) siendo los bosques y pastizales los más extensos con el 83% y 8% de la superficie total (931 930 has) respectivamente (MAE, 2008; Selesi, 2013). En la misma zona geográfica, dentro de las áreas agrícolas (4% de la superficie total), convergen otros SUT o sistemas agroforestales tradicionales (SAFs) denominados *chakras*, los cuales son practicados por la etnia indígena Kichwa (Guariguata, 1997; Whitten & Whitten, 2008). Localmente son sistemas de producción tradicional de subsistencia donde se cultivan herbáceas de usos medicinales, alimenticios, arbóreas maderables de sombra y palmas utilizadas para autoconsumo y alimentación del pueblo Kichwa (Selesi, 2013). También se generan

ingresos monetarios por la venta de pequeños excedentes, especialmente de yuca (*Manihot sculenta*), frutales (*Bactris gasipaes*) y algunas Musáceas (Arevalo, *et al.*, 2013).

Según la oferta del mercado, los indígenas (98%) y colonos migrantes (2%) han plantado cacao e incrementado árboles maderables dentro de sus sistemas de subsistencia, esto origina los SAF con cultivo de cacao (SAF cacao semilla) (Torres, *et al.*, 2014; Whitten & Whitten, 2008). Esto propicia cambios en la distribución y funciones del componente arbóreo, sin perder el manejo orgánico tradicional (Selesi, 2013). Recientemente, se ha promovido la siembra de cacao injertado (SAF-cacao injerto) en las fincas para fomentar e intensificar la producción tradicional dentro de la región. Con base en la complejidad estructural y funcional del componente arbóreo de los SAFs-cacao se los puede clasificar a priori como policultivo tradicional (Rice & Greenberg, 2000).

Ecológicamente los árboles maderables y frutales en los SAFs de cacao, a través de la estructura del dosel, forman el hábitat apropiado para albergar la biodiversidad local (Bhagwat *et al.*, 2008); además sirven como puentes naturales de conectividad biológica (Jose, 2009). En los bosques naturales y SAFs de cacao por la complejidad del dosel, densidad y distribución aleatoria de sus árboles, sumada la heterogeneidad de las variables dasométricas, hace que la estructura y cobertura del dosel posiblemente expliquen la riqueza y diversidad de especies, como sucede en otros contextos tropicales (Matey *et al.*, 2013; Montgomery & Chazdon, 2001; Morales *et al.*, 2012; Rolim & Chiarello, 2004; Suatunce *et al.*, 2003).

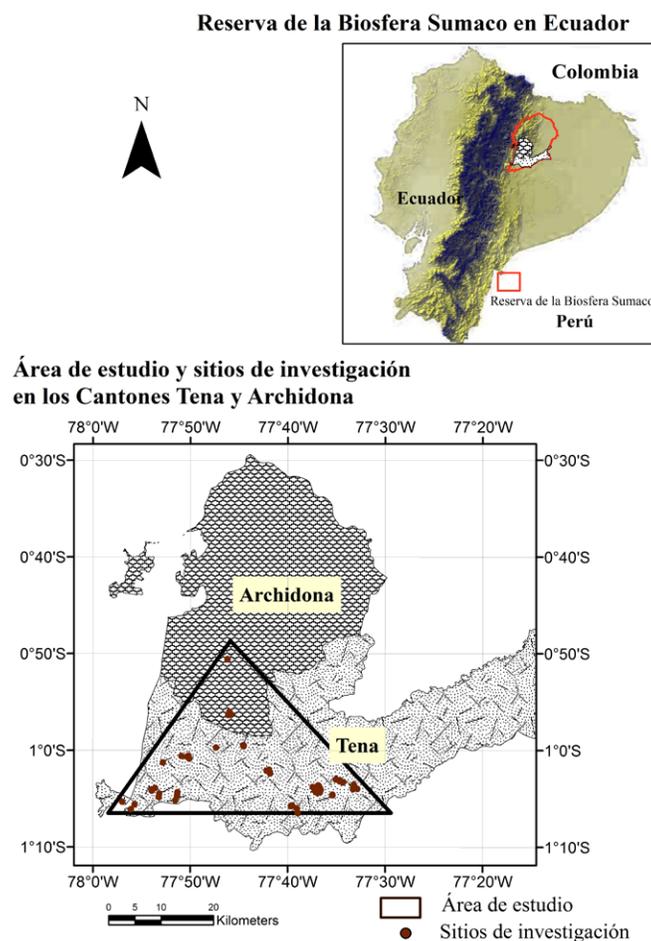
Para obtener información en ecosistemas poco estudiados en Ecuador, la evaluación de la vegetación respecto a diversidad y estructura es el primer paso para conocer las existencias y aportes funcionales al ecosistema. Los resultados permitirán valorar los diferentes SUT respecto a la conservación de especies a través de indicadores de alta o baja diversidad. Validando estos antecedentes se desarrolló la presente investigación con los siguientes objetivos: 1) caracterizar florística y estructuralmente la vegetación arbórea y arbustiva en cuatro SUT: a) SAF cacao semilla, b) SAF cacao injerto, c) SAF de subsistencia y d) bosque maduro; 2) evaluar la correlación entre las variables estructurales (cobertura arbórea, densidad y área basal) con la riqueza arbórea. Mediante su desarrollo se contestó la siguiente pregunta de investigación: ¿La composición, diversidad florística y

variables estructurales, sumado a las prácticas tradicionales, estarían determinando sistemas de uso de la tierra con mayor importancia y potencial para la conservación de especies?

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la parte sur de la Reserva de Biosfera Sumaco, categorizada como zona de vida Bosque muy Húmedo Tropical (CLIRSEN, 1999). La superficie del área de intervención es de 88 000 ha dentro de los cantones Archidona y Tena, provincia de Napo de la amazonia ecuatoriana. La altitud de la zona va desde 50 a 700 m.s.n.m. (figura 1). El



**Figura 1.** Mapa de ubicación del área y sitios de investigación en la Reserva de la Biosfera Sumaco.

clima local se califica como cálido con temperaturas promedio de 28°C; la fisiografía es moderada con suelos aluviales y coluviales generalmente de textura franco arenoso (Criollo Rojas, 2014; Gutiérrez, 2009).

### Selección de los sitios de investigación

Se evaluaron cuatro SUT: 1) SAF cacao semilla – SAF 1; 2) SAF cacao injerto – SAF 2; 3) SAF de subsistencia – SAF 3 y 4) bosque maduro – Bm, definidos en Torres *et al.* (2014) y Jadán, Torres, & Günter (2012). Los SAFs de cacao y el SAF de subsistencia se caracterizan comúnmente por la presencia del componente arbóreo, con diversidad de especies arbóreas nativas que corresponden a los sistemas agroforestales policultivos tradicionales descritos por Rice & Greenberg (2000).

El número de productores en el área de estudio fue: 100 para el SAF 1, 60 para el SAF 2 y 40 para el SAF 3. De estos se seleccionaron 15, 11 y 6 productores respectivamente, con base en los siguientes criterios de selección: cobertura arbórea  $\geq 10\%$  respecto a la superficie de muestreo, área neta de producción superior a 1 ha y edad del cultivo mayor a 2 años. Los sitios de muestreo del bosque maduro se ubicaron según su existencia y acceso dentro de la estación biológica Jatun Sacha. Para estimar la cobertura arbórea se utilizó el densiómetro esférico cóncavo modelo Arlington VA. Se tomaron cuatro lecturas a partir del punto central con una separación entre lecturas de 90° y una distancia regular de 10 m.

### Muestreo de la vegetación y caracterización florística: composición y diversidad

En cada parcela se identificaron, contaron y midieron el diámetro a la altura de 1.3 m (DAP) y altura total de todos los árboles latizales de 5 cm a 9.9 cm y palmas con DAP  $\geq 10$  cm. La composición florística para cada SUT fue caracterizada a nivel de parcela según el número de familias, géneros y especies para cada categoría de tamaño (latizales

y árboles). La diversidad alfa fue determinada con base a la riqueza de especies y abundancia según los índices de Shannon, Simpson, Fisher y Equidad para las especies arbóreas y palmas  $\geq 10$  cm DAP como lo sugieren Berry *et al.* (2002). La diversidad beta se determinó mediante tres análisis: 1) El índice descriptivo de Sorensen (Condit *et al.*, 2002), 2) diagrama de similitudes y análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS), y 3) Un análisis de las similitudes (ANOSIM).

### Caracterización de la estructura: horizontal y vertical

La estructura horizontal se evaluó en términos de densidad ( $N\ ha^{-1}$ ), área basal ( $m^2\ ha^{-1}$ ) y cobertura arbórea (%) para determinar la superficie ocupada por los árboles del dosel de sombra y su distribución según clases diamétricas (Ramos & Plonczak, 2007). Para evaluar la estructura vertical se aplicó la metodología propuesta por Camacho & Plonczak (2012) y Finol (1971). Se consideró conjuntamente latizales, árboles y palmas para tener una descripción sobre el piso que naturalmente ocupan las especies en la masa forestal. Se calculó la densidad ( $N\ ha^{-1}$ ) y el valor fitosociológico de cada especie (ecuación 1, tabla 1). La sumatoria de los valores fitosociológicos de cada especie permitió calcular el valor fitosociológico por sub-estrato y comparar sus valores entre los SUT. Para calcular el valor absoluto o índice de posición sociológica de cada especie se aplicó la ecuación 2 (tabla 1). El plano vertical se dividió en sub-estratos o pisos para caracterizar su distribución a través del índice de posición sociológica relativa (ecuación 3, tabla 1). El sub-estrato es la porción de la masa forestal contenida dentro de determinados límites de altura: 1) inferior entre 4–16 m de altura, 2) medio de 16–23 m de altura y 3) superior:  $> 23$  m de altura, fijados por Melo & Vargas (2003).

Para evaluar conjuntamente la estructura vertical a través de los valores de posición sociológica de cada especie con la estructura horizontal, primero se calculó el índice de valor importancia

relativo (IVIr) (Curtis & McIntosh, 1950) a través de los valores de dominancia y abundancia relativa (ecuación 4, tabla 1). Luego se calculó el índice valor de importancia ampliado (IVIA) (ecuación 5, tabla 1) que combina los valores de la posición sociológica y el IVI, permitiendo así explicar la importancia fitosociológica de cada especie en cada SUT.

### Análisis estadístico

Los parámetros de composición florística, riqueza, diversidad florística, índices de diversidad alfa y beta fueron procesados con el programa EstimateS V 8.2. Para contestar la pregunta de investigación, las variables de composición florística, diversidad alfa y estructura como densidad, dominancia

y cobertura arbórea fueron comparadas entre los SUT mediante ANDEVAs con la prueba de Fisher y no paramétricas de Kruskal Wallis ( $P < 0.05$ ). La diversidad beta fue analizada mediante: análisis de las similitudes (ANOSIM) para comparar la variabilidad en la composición de especies; análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS) utilizando el método de separación de Bray-Curtis para entender la disimilitud entre los SUT.

La estructura horizontal se comparó para latizales, árboles y palmas según la densidad y área basal totales y diferenciados por clases diamétricas entre los SUT evaluados. La primera clase diamétrica I (5 cm – 9.9 cm dap) fue para los latizales y desde la segunda para los árboles y palmas. En la estructura vertical se comparó la densidad y valor fitosociológico según sub-estratos (inferior, medio

**Tabla 1.** Variables y ecuaciones para calcular la estructura vertical, índice de valor importancia (IVI) e índice valor de importancia ampliado (IVIA).

Variable	Ecuación	Descripción	Nº. de la ecuación
Valor fitosociológico por especie (VFi)	$VFi = \frac{ni \text{ ha}^{-1}}{N \text{ ha}^{-1}} \times 100$	VFi: Valor fitosociológico de una especie en el i-ésimo sub-estrato. ni ha <sup>-1</sup> = número de individuos por hectárea de una especie en el i-ésimo sub-estrato. N ha <sup>-1</sup> = Número de individuos por hectárea, presentes en todos los estratos. i: sub-estrato inferior (i), medio (m) o superior (s).	Ec 1
Índice de posición sociológica absoluta por especie (Psa)	$PSa = VFi \times ni \text{ ha}^{-1} + VFm \times nm \text{ ha}^{-1} + VFs \times ns \text{ ha}^{-1}$	PSa: Posición sociológica absoluta VFi: Valor fitosociológico de una especie en el i-ésimo sub-estrato. ni ha <sup>-1</sup> : Número de individuos en el i-ésimo sub-estrato. i: sub-estrato inferior (i), medio (m) o superior (s).	Ec 2
Índice de posición sociológica relativa de cada especie (PSr)	$PSr = \frac{PSa}{\sum PSa} \times 100$	PSr: Posición sociológica relativa. Psa: Posición sociológica absoluta de cada especie. $\sum PSa$ : Sumatoria de las posiciones sociológicas de todas las especies.	Ec 3
Índice de valor de importancia de cada especie (IVI)	$VIr = (Ar + Dr + Fr)$	IVIr: Índice de valor de importancia relativo (%). Ar: Abundancia relativa (%). Dr: Dominancia relativa (%). Fr: Frecuencia relativa (%).	Ec 4
Índice de valor de importancia ampliado de cada especie (IVIA)	$IVIA = Ar + Dr + PSr = IVIr + PSr$	IVIA: Índice de valor de importancia Ampliado (%). Ar: Abundancia relativa. Dr: Dominancia relativa (según el área basal). PSr: Posición sociológica (%). IVIr= IVI relativo (%).	Ec 5

y superior) entre los SUT. Se comparó los resultados entre los SAFs tradicionales y analizó la causa y efecto de cambio en los sistemas según la magnitud en las variables de composición, diversidad y estructura. Se realizó correlaciones de *Pearson* ( $P < 0.05$ ) entre variables de estructura como cobertura arbórea, densidad y área basal (con valores totales y por clases diamétricas) con la riqueza de especies en todos los SUT evaluados. Todos los análisis estadísticos se ejecutaron usando los programas Infostat y Qeco-Quantitative ecology (JA Di Rienzo *et al.*, 2010; JA Di Rienzo *et al.*, 2011).

## RESULTADOS

### Composición florística y diversidad

Los promedios a nivel de parcela, en familias, géneros y especies (riqueza) en las dos categorías de tamaño tanto latizales y fustales presentaron

diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) (tabla 2). En el bosque primario se registraron los promedios más altos para todas las variables de composición florística. En los SAFs de cacao considerando solo latizales no presentaron diferencias significativas; en el SAF cacao semilla, considerando árboles y palmas se registraron mayores valores en comparación con el SAF de subsistencia, no así con el SAF cacao injerto donde no se registraron diferencias significativas (tabla 2).

Los índices alfa de Shannon, Simpson y Fisher en los árboles y palmas, presentaron diferencias significativas ( $P = 0.0001$ ,  $P = 0.0034$  y  $P = 0.0025$ ) entre todos los SUT; el bosque maduro resultó ser el más diverso (tabla 2). Entre los SAFs tradicionales no se presentaron diferencias significativas al igual que en el índice de equidad que presentó altos valores  $> 0.8$ , con lo que se deduce una alta distribución homogénea de individuos por especie en todos los SUT o bajo número de especies presentes en todos los SUT (tabla 2).

**Tabla 2.** Promedios ( $\pm$  error estándar) de las familias, géneros y especies, considerando latizales (5 – 9.9 cm DAP) y árboles con un DAP  $\geq 10$  cm en parcelas de 0,16 ha.

Tamaño	Variables	Bm	SAF 1	SAF 2	SAF 3
Latizales	#Familias**	16.8 $\pm$ 3.6 a	2.5 $\pm$ 0.6 b	2.3 $\pm$ 0.7 b	1 $\pm$ 0.4 b
	#Géneros*	26 $\pm$ 6.6 a	3.2 $\pm$ 0.7 b	3.1 $\pm$ 0.8 b	1.7 $\pm$ 0.6 b
	#Especies (0.16 ha)*	27 $\pm$ 6.8 a	3.4 $\pm$ 0.7 b	3.1 $\pm$ 0.7 b	1.7 $\pm$ 0.6 b
	Densidad (N ha <sup>-1</sup> )**	276.3 $\pm$ 49.2 a	86.3 $\pm$ 28.4 b	54.6 $\pm$ 33.2 b	20.9 $\pm$ 44.9 b
	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )*	1.1 $\pm$ 0.5 a	0.3 $\pm$ 0.1 a	0.2 $\pm$ 0.1a	0.08 $\pm$ 0.04 a
	#Familias**	29.8 $\pm$ 1.5 a	7.7 $\pm$ 0.8 b	6.3 $\pm$ 0.9 bc	4.5 $\pm$ 1.2 c
Árboles y palmas	#Géneros**	45.8 $\pm$ 3.1 a	8.9 $\pm$ 1 b	6.7 $\pm$ 1.1 bc	4.8 $\pm$ 1.3 c
	#Especies (0.16 ha)*	53 $\pm$ 4.9 a	9.3 $\pm$ 1.2 b	6.8 $\pm$ 1.2 bc	5 $\pm$ 1.3 c
	Shannon H **	3.5 $\pm$ 0.1 a	1.76 $\pm$ 0.14 b	1.61 $\pm$ 0.19 b	1.32 $\pm$ 0.21 b
	<sup>1</sup> Simpson 1-D*	0.94 $\pm$ 0.001 a	0.75 $\pm$ 0.03 b	0.73 $\pm$ 0.05 b	0.67 $\pm$ 0.06 b
	<sup>1</sup> Fisher_alpha*	47.41 $\pm$ 7.5 a	6.1 $\pm$ 1.15 b	10.3 $\pm$ 3.5 b	4.3 $\pm$ 1.6 b
	Equidad	0.89 $\pm$ 0.02 a	0.83 $\pm$ 0.04 a	0.87 $\pm$ 0.04 a	0.87 $\pm$ 0.06 a
	Densidad (N ha <sup>-1</sup> )***	633.8 $\pm$ 60.2 a	169.6 $\pm$ 18.7 b	86.4 $\pm$ 15.9 c	63.6 $\pm$ 18.7 c
	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )***	37.7 $\pm$ 5.1 a	10.7 $\pm$ 1.1 b	5.9 $\pm$ 1 c	3 $\pm$ 0.8 d
% Cobertura***	95.1 $\pm$ 1.6 a	40.7 $\pm$ 5.1 b	26.1 $\pm$ 3.9 bc	29.5 $\pm$ 5 c	

Letras diferentes indican diferencias significativas (Fisher, 1Kruskal Wallis \* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.005$ ; \*\*\* $P < 0.0005$ ). Bm: bosque maduro; SAF 1: SAF cacao semilla; SAF 2 SAF cacao injerto; SAF 3: SAF de subsistencia.

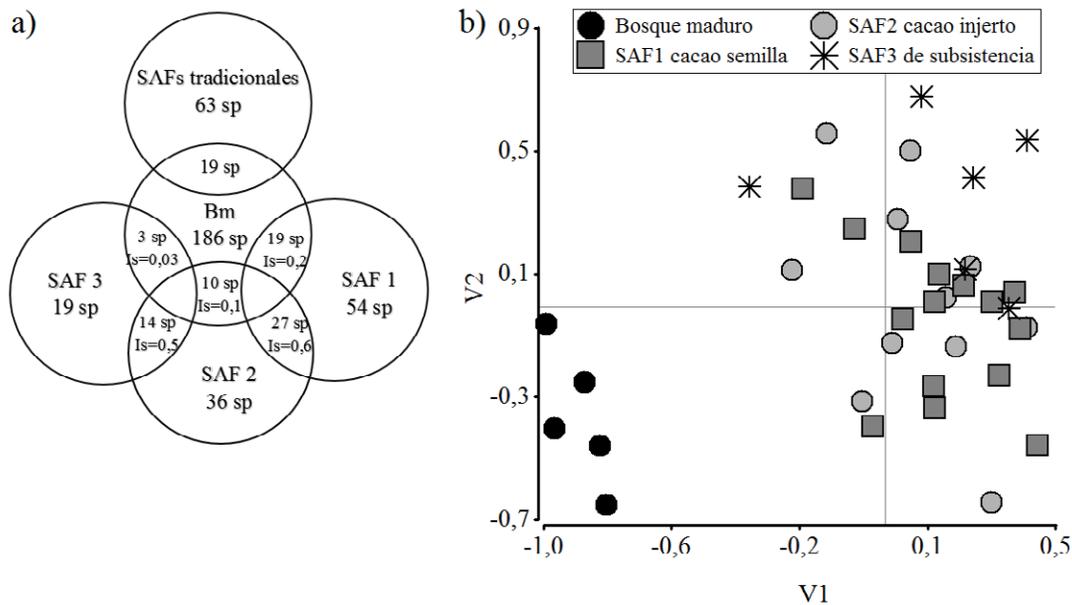
El bosque maduro registra mayor índice de similitud y especies compartidas con el SAF cacao semilla (0.2–19 especies, figura 2a). El NMS reveló diferencias significativas en la composición florística entre los SUT. El estrés con dos dimensiones (21), fue bajo indicando un buen grado de ajuste (figura 2b). El análisis de similitudes de la composición florística ANOSIM separó significativamente ( $P = 0.001$ ) los cuatro SUT representados en el NMS. El bosque fue diferente florísticamente respecto a los tres SAFs tradicionales. El SAF cacao semilla y SAF de subsistencia presentaron diferencias significativas en la similitud florística ( $P = 0.018$ ). Entre el SAF cacao injerto y el SAF de subsistencia no se registraron diferencias significativas ( $P = 0.57$ ).

### Estructura horizontal

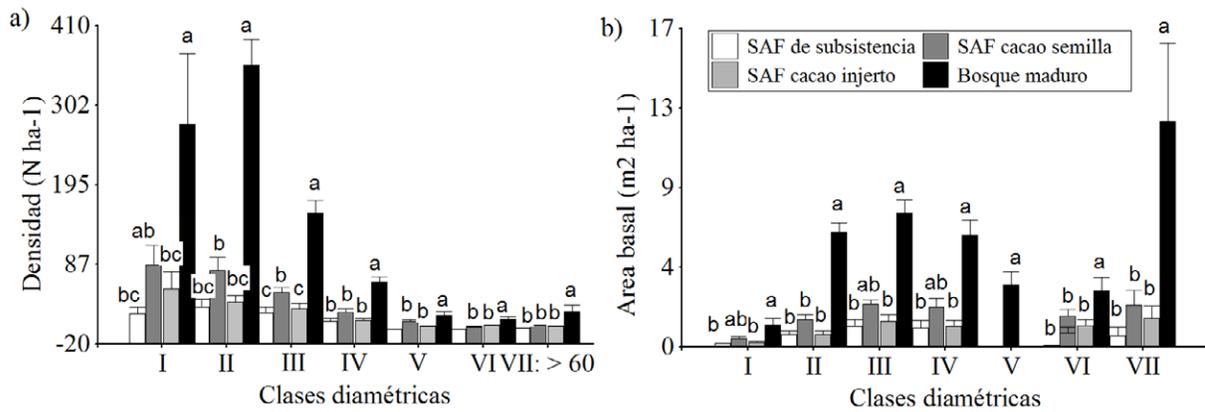
En la densidad ( $N\ ha^{-1}$ ) se registró diferencias significativas, con mayores valores para el bosque primario tanto en los latizales ( $P < 0.023$ ), árboles y palmas ( $P < 0.0001$ ). El área basal ( $m^2\ ha^{-1}$ ) en

este mismo SUT, presentó los mayores valores en los árboles y palmas ( $P < 0.0001$ ). Entre los SAFs, el SAF cacao semilla presentó significativamente los mayores valores en densidad y en área basal (tabla 3). Los promedios en porcentaje de la cobertura arbórea presentó diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ) siendo los mayores valores para el bosque. Entre los SAFs tradicionales, el SAF de cacao semilla presentó mayores valores significativamente respecto al SAF de subsistencia (tabla 3).

Según las clases diamétricas, en la categoría de latizales (clase diamétrica I) dentro del bosque primario se registró una densidad de  $276 \pm 95.6\ N\ ha^{-1}$ , estadísticamente similar a la primera y segunda clase diamétrica de los árboles y palmas ( $P < 0.05$ ). Desde la clase diamétrica II correspondiente a los árboles  $\geq 10\ cm$  de DAP se observó la J invertida, característica de los boques tropicales no intervenidos. Esta tendencia también se muestra en los SAFs tradicionales (figura 3a). El área basal mostró un patrón irregular, sin embargo, el bosque registro mayor valor en la clase diamétrica VII (figura 3b).



**Figura 2.** Diagrama de especies exclusivas, compartidas en índice de similitud de Sorensen, entre los SUT (2a) y escalamiento métrico no dimensional (Bray-Curtis) para medición de disimilaridad entre los SUT evaluados (2b).



**Figura 3.** Distribuciones diamétricas para densidad (N ha<sup>-1</sup>) y área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) en los SUT evaluados. Las barras verticales representan el error estándar. Clases diamétricas: I: latizales; II: 10-19.9 cm; III: 20-29.9 cm; IV: 30-39.9 cm; V: 40-49.9 cm; VI: 50-59.9 cm; VII: ≥ 60 cm.

### Estructura vertical de la vegetación

Considerando latizales, árboles y palmas conjuntamente, la densidad (N ha<sup>-1</sup>) presentó diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) en los tres sub-estratos verticales entre los SUT. En todos los SUT, en el sub-estrato inferior se registró los mayores valores para el bosque a diferencia del SAF de subsistencia, que presentó los menores valores ( $P = 0.008$ ) (tabla 3). El mismo patrón se muestra para el sub-estrato medio ( $P < 0.0001$ ) y superior ( $P = 0.0032$ ). El valor fitosociológico para cada sub-estrato no presentó diferencias significativas entre los diferentes SUT (tabla 3).

### Índice de valor de importancia ampliado (IVIA)

Según el IVIA, en el bosque primario se registró como la especie más importante una palmera *Iriar-tea deltoidea* Ruiz & Pav., y tres especies del género *Otoba* que son maderables de valor comercial en el contexto local. En todos los SAFs tradicionales sobresalen dos especies maderables nativas de gran valor comercial local y nacional como son *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken y *Cedrela odorata* L., que no están registradas en las unidades de muestreo dentro del bosque primario (tabla 4).

**Tabla 3.** Densidad, valor fitosociológico y altura total considerando latizales, árboles y palmas en cada sub-estrato y por tipo de SUT.

Variables	Sub-estrato inferior (4-16 m)				Sub-estrato medio (16-23 m)				Sub-estrato superior (>23 m)			
	Bm (n=5)	SAF 1 (n=15)	SAF 2 (n=11)	SAF 3 (n=6)	Bm (n=5)	SAF 1 (n=15)	SAF 2 (n=11)	SAF 3 (n=6)	Bm (n=5)	SAF 1 (n=15)	SAF 2 (n=11)	SAF 3 (n=6)
Densidad (N ha <sup>-1</sup> )	636.6 ± 145.03 a	169.27 ± 31.86 b	89.91 ± 23.8 bc	63.67 ± 25.26 c	211.20 ± 3.31 a	41.29 ± 5.34 b	31.4 ± 6.69 b	19.8 ± 10.13 b	61.4 ± 14.14 a	22.89 ± 4.75 b	11.2 ± 3.58 bc	6 ± 3.42 c
Valor fitosociológico (%)	67.60 ± 8.45a	73.07 ± 4.88 a	70.36 ± 5.69 a	70.83 ± 7.71 a	25 ± 5.83 a	21.14 ± 3.48 a	26.6 ± 4.12 a	27.8 ± 5.83 a	7.6 ± 3.4 A	12.22 ± 2.54 a	12 ± 3.4 A	18 ± 5.38 a
Altura total (m) ± Desviación Estándar	10 ± 2.9	9 ± 2.8	9 ± 3.3	10 ± 2.7	19 ± 1.8	18 ± 1.5	18 ± 1.8	18 ± 0.7	26 ± 2.3	27 ± 2.7	25 ± 2.3	24 ± 0.7

Bm: bosque maduro; SAF 1: SAF cacao semilla; SAF 2 SAF cacao injerto; SAF 3: SAF de subsistencia.

**Tabla 4.** Valores del índice de importancia ecológica (IVI) e índice de valor de importancia ampliado (IVIA) de las 10 especies más importantes en cada SUT, a nivel de superficie muestreada.

Sistema	Especie	Dr (%)	Dor (%)	Fr (%)	IVIr (%)	PSa	PSr (%)	IVIA (%)
Bm	<i>Iriartea deltoidea</i>	9	5	0,3	5	440	39	22
	<i>Otoba glycyarpa</i>	7	17	1	8	159	14	11
	<i>Otoba</i> sp.	4	3	1	3	114	10	6
	<i>Tetrathylacium macrophyllum</i>	3	1	1	2	51	5	3
	<i>Inga</i> sp	3	1	0,3	1	52	5	3
	<i>Cecropia sciadophylla</i>	2	0,2	1	1	39	3	2
	<i>Otoba parvifolia</i>	2	4	1	3	18	2	2
	<i>Hasseltia floribunda</i>	2	2	1	2	17	1	2
	<i>Chimarrhis glabriflora</i>	1	6	1	2	3	0,3	1
	<i>Guarea carinata</i>	1	4	1	2	4	0,3	1
	Otras	66	58	91	72	232	20	46
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1129</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
SAF 1	<i>Cordia alliodora</i>	25	23	9	19	1032	55	37
	<i>Cedrela odorata</i>	10	9	9	9	221	12	11
	<i>Bactris gasipaes</i>	8	4	6	6	144	8	7
	<i>Inga edulis</i>	6	6	7	6	98	5	6
	<i>Citrus aurantium</i>	7	4	3	5	117	6	5
	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	5	3	2	3	68	4	3
	<i>Crescentia cujete</i>	5	1	1	3	78	4	3
	<i>Myroxylon balsamum</i>	4	1	3	3	52	3	3
	<i>Vochysia braceliniae</i>	2	4	3	3	4	0,2	2
	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>	2	1	4	3	13	1	2
	<i>Clarisia racemosa</i>	0	6	1	2	0,4	0,02	1
	Otras	24	38	52	38	44	2	20
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1871</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
SAF 2	<i>Inga edulis</i>	14	8	7	10	162	39	24
	<i>Cordia alliodora</i>	15	15	8	12	85	20	16
	<i>Cedrela odorata</i>	9	27	10	15	32	8	11
	<i>Vochysia braceliniae</i>	8	9	3	7	29	7	7
	<i>Bactris gasipaes</i>	6	4	7	6	28	7	6
	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>	6	2	7	5	23	6	5
	<i>Citrus medica</i>	3	3	2	3	7	2	2
	<i>Citharexylum poeppigii</i>	3	1	2	2	9	2	2
	<i>Annona</i> sp.	3	3	2	3	5	1	2
	<i>Miconia paleacea</i>	3	0,3	1	1	7	2	2
	Otras	31	28	51	36	29	7	22
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>416</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
SAF 3	<i>Cordia alliodora</i>	32	19	6	19	703	75	47
	<i>Cedrela odorata</i>	11	27	16	18	54	6	12
	<i>Ruagea glabra</i>	9	12	6	9	38	4	7
	<i>Bactris gasipaes</i>	8	8	13	9	34	4	6
	<i>Piptocoma discolor</i>	8	2	6	5	34	4	5
	<i>Carica papaya</i>	6	2	6	5	33	4	4
	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>	4	7	6	6	4	0,4	3
	<i>Vochysia braceliniae</i>	3	4	3	3	3	0,3	2
	<i>Gustavia macarenensis</i>	3	3	3	3	5	1	2
	<i>Vismia cavanillesiana</i>	1	4	3	3	1	0,1	1
	Otras	16	11	31	20	25	3	11
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>935</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Dr: densidad relativa; Dor: dominancia relativa; Fr: frecuencia relativa; IVI: índice de valor importancia; PSa, r: posición sociológica absoluta, relativa; IVIA: índice valor de importancia ampliado. Bm: bosque maduro; SAF 1: SAF cacao semilla; SAF 2 SAF cacao injerto; SAF 3: SAF de subsistencia.

## Relación entre cobertura arbórea, riqueza de especies, densidad y área basal

En el bosque la riqueza de especies con la densidad de individuos de la VII clase diamétrica (D-VII: >60) se correlacionaron negativamente ( $r = -0.88$ ) (tabla 5). En todos los SUT la cobertura arbórea no se correlacionó significativamente con la riqueza, densidad y área basal, a excepción en los SAFs con cacao donde se registraron dos correlaciones positivas débiles con la riqueza ( $r = 0.53$ ) y el área basal ( $r = 0.53$ ). En estos últimos SUT la riqueza de especies con la densidad y área basal total mostraron una fuerte y alta correlación. En el SAF cacao semilla la riqueza de especies con la densidad y área basal se correlacionaron significativamente con algunos tamaños o clases diamétricas (D- II: 10-19.9), (D-V: 40-49.9), (G- II: 10-19.9) y (G-V:40-49.9).

## DISCUSIÓN

¿La composición, diversidad florística y variables estructurales, sumado a las prácticas tradicionales, estarían determinando sistemas de uso de la tierra con mayor importancia y potencial para la conservación de especies?

En el mismo contexto amazónico [Jadán et al., \(2015\)](#) registraron que la mayor riqueza de especies arbóreas incluyendo palmas (220 especies  $ha^{-1}$ ) está en el bosque maduro, con un patrón de incremento conforme aumenta el área y número de árboles muestreados; comportamiento común de los bosques tropicales ([Denslow & Guzman, 2000](#); [Morales et al., 2012](#)). Los valores registrados en riqueza de especies son inferiores a los reportados por [Palacios & Jaramillo \(2001\)](#) en Payamino (243 especies) y Cuyabeno (307 especies) en bosques tropicales de tierras bajas. El bosque

**Tabla 5.** Valores de las correlaciones de Pearson ( $r$ ) entre la cobertura del dosel, riqueza de especies y área basal–densidad (por clases diamétricas), considerando árboles con un DAP  $\geq 10$  cm en parcelas de 0.16 ha.

Variable(1)	Variable(2)	Bm	SAF 1	SAF 2	SAF 3
		r	r	r	r
Cobertura arbórea	Riqueza	0.35	0.53*	0.54	-0.03
	Densidad total	0.43	0.22	0.75	-0.39
	Área basal total	0.18	0.18	0.53*	0.34
	D- II: 10-19.9	0.79	0.65**	0.64*	0.2
	D-III: 20-29.9	-0.21	0.31	0.24	0.69
	D-IV: 30-39.9	0.78	0.36	0.22	0.52
	D-V:40-49.9	0.58	0.54*	0	0
	D-VI: 50-59.9	0.26	0	0.24	0
Riqueza	D-VII: >60	-0.88*	0.34	0.5	-0.37
	Densidad total	0.63	0.77**	0.75**	0.59
	G- II: 10-19.9	0.82	0.67**	0.53	0.18
	G-III: 20-29.9	-0.33	0.38	0.26	0.73
	G-IV: 30-39.9	0.75	0.33	0.31	0.51
	G-V:40-49.9	0.69	0.58*	0.01	sd
	G-VI: 50-59.9	0.2	0.02	0.28	sd
	G-VII: >60	-0.79	0.17	0.55	-0.37
Área basal total	-0.55	0.64**	0.77**	0.71	

Bm: bosque maduro; SAF 1: SAF cacao semilla; SAF 2 SAF cacao injerto; SAF 3: SAF de subsistencia; sd: sin datos.

maduro posee altos índices de diversidad alfa, característico a la bio-region amazónica en la parte alta, donde se registra la mayor riqueza de especies arbóreas a nivel mundial (Berry *et al.*, 2002; Valencia *et al.*, 2004). La mayor riqueza de especies arbóreas y palmas registrado para el bosque natural en comparación con los SAFs de cacao es similar a los resultados obtenidos en Ghana, Nicaragua, Brasil y Costa Rica (Anglaere *et al.*, 2011; Matey *et al.*, 2013; Rolim & Chiarello, 2004; Suatunce *et al.*, 2003).

La estructura horizontal según la densidad, área basal y cobertura de dosel es significativamente superior para el bosque en comparación con los SAFs tradicionales. La densidad, registrada en este estudio para el bosque maduro considerando árboles y palmas son similares a los reportados por Palacios & Jaramillo (2001) en ecosistemas similares de tierras bajas que no superan los 500 msnm, en la Amazonia norte del Ecuador, específicamente en Payamino (642 N ha<sup>-1</sup>; 29.5 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) y Cuyabeno (693 N ha<sup>-1</sup>; 25.7 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), pero son superiores en área basal. Los valores registrados de densidad en el SAF cacao semilla (presentó mayores valores en densidad entre los SAFs tradicionales) son inferiores a los obtenidos en Mesoamérica-Costa Rica en sistemas de alta densidad de cacao donde se reportó 247 N ha<sup>-1</sup> (Deheuvels *et al.*, 2012); pero registraron valores superiores en área basal. Independientemente de mayores o menores valores registrados para densidad en los SUT evaluados, estos mostraron el patrón de la J invertida, característico de ecosistemas forestales tropicales maduros, conservados o en proceso de recuperación (Anglaere *et al.*, 2011; Smith *et al.*, 1998).

La estructura vertical con base en el valor fitosociológico de las especies en los diferentes sub-estratos del dosel presentó similitudes significativas entre el bosque y los SAFs tradicionales. Las estructuras verticales similares a las del bosque denominadas también multi-estratos, permiten cumplir funciones productivas y de conservación a escala de finca y paisaje (Beer *et al.*, 1998; Suatunce *et al.*, 2003; Tschamtke *et al.*, 2011).

El SAF cacao semilla presentó mayores valores en riqueza y difirió significativamente según su diversidad beta (ANOSIM) de los otros SAFs tradicionales. El SAF de cacao presentó mayor valor en el índice de Sorensen y número de especies compartidas con el bosque maduro. Es así que se lo puede considerar como el SAF tradicional de mayor importancia actual y potencial para la conservación de especies arbóreas. Así mismo, posee un alto valor según el índice de equidad lo que implica una distribución homogénea de los individuos sobre las especies arbóreas o relación directa entre densidad y riqueza de especies.

Las especies de mayor importancia según el IVIA en los SAF con cultivo de cacao fueron las maderables *C. alliodora*, *C. odorata* y frutales como *I. edulis* y *B. gasipaes*. Tales especies no fueron registradas como compartidas con el bosque natural, por lo que se deduce que son plantadas como sucede comúnmente en sistemas agroforestales de la región tropical en países como México (Salgado *et al.*, 2007), Nicaragua (Matey *et al.*, 2013) y Costa Rica (Suatunce *et al.*, 2003). En el Sumaco esto es resultado del enriquecimiento del dosel de sombra mediante la incorporación de maderables que aportan a la sostenibilidad del sistema y a los ingresos familiares por la venta de madera (Selesi, 2013).

Los valores promedio de riqueza registrados en el SAF cacao semilla e injerto (9.3 especies y 6.8 especies, respectivamente) son superiores a los registrados en Talamanca, Costa Rica con 4.1 especies, en un sistema de cacao con especies arbóreas y musácea pero similares (9.1 especies) a los registrados en un sistema de cacao multi-estratificado en la misma localidad por Suatunce *et al.* (2003).

Los resultados de las correlaciones de Pearson ( $P = 0.05$ ) se basan en la distribución heterogénea y equitativa entre variables de estructura con la riqueza de especies. En el bosque primario ninguna variable estructural (cobertura arbórea, densidad y área basal) estuvo correlacionada significativamente con la riqueza de especies. Esto posiblemente obedece a la *discetaniidad* que influye en los tamaños de vegetación, distribución

aleatoria espacial y alta riqueza de elementos arbóreos (Montgomery & Chazdon, 2001). La excepción con respecto a la correlación negativa significativa ( $P < 0.05$ ) de la densidad en la VII con la riqueza de especies se debe a la baja densidad común y general en esta clase diamétrica para los bosques tropicales (Anglaaere et al., 2011; Smith et al., 1998).

En el SAF de cacao injerto, la correlación positiva entre la cobertura arbórea y área basal total se debe a la distribución equitativa en todas las unidades de muestreo, entre la superficie de la copa (que determina el porcentaje de cobertura arbórea) y las clases diamétricas. Lo mismo sucede entre la riqueza con la densidad total. En el SAF cacao semilla según la correlación positiva entre cobertura arbórea y riqueza de especies se debe a que la primera variable se distribuye equitativamente sobre la segunda en las unidades de muestreo correspondientes. También la riqueza mostró una distribución equitativa respecto a la densidad y área basal total en los SUT.

Secuencialmente el SAF de subsistencia es el primer SAF tradicional que se origina bajo la acción antrópica de la tala, roza y quema (Selesi, 2013). Este sistema está relacionado mayormente con plantas que sirven para la alimentación del pueblo indígena Kichwa de hábito herbáceo con pocos arbustos y árboles (Arevalo et al., 2013). En este SUT, la riqueza de especies arbóreas y arbustivas fue menor, deduciendo que esta riqueza está relacionada con la baja densidad de elementos arbóreos. Con base en la oferta del mercado nacional e internacional de un producto agrícola como es el cacao, se modifica el SAF de subsistencia mediante la incorporación de árboles de cacao e incremento de especies maderables, formando los SAFs de cacao con variada composición botánica y complejidad estructural registrada y expresada en la presente investigación (Selesi, 2013; Torres et al., 2014).

## CONCLUSIONES

El bosque primario registró mayor riqueza de especies, abundancia, dominancia y es el SUT con mayores índices de diversidad alfa. Según el IVIA las especies ecológicamente más importantes fueron la palma *I. deltoidea* y especies arbóreas *O. glycyarpa*, *O. sp.*, e *Inga sp.*

El SAF tradicional más importante para la conservación de especies es el SAF cacao semilla según parámetros de riqueza y estructura del componente arbóreo y arbustivo. Según la estructura vertical, es el que más se asemeja al bosque maduro. Las especies dominantes dados los valores de IVI en este SUT fueron las maderables *C. alliodora*, *C. odorata* y la palma *B. gasipaes*. El SAF de subsistencia tiene como función principal la seguridad alimentaria del pueblo Kichwia por lo que la riqueza y la estructura vertical y horizontal del dosel de sombra fueron menores que los SAFs de cacao.

Las correlaciones significativas positivas o negativas en ciertos SUT explican la dependencia entre las variables de estructura como cobertura arbórea, densidad y área basal sobre la riqueza de especies. La no ocurrencia de ciertas especies arbóreas en el bosque nativo y otros SAFs tradicionales se basa en factores intrínsecos del ecosistema como la disetaneidad y distribución heterogénea de las variables de estructura sobre la riqueza de especies.

La evolución del sistema *chakra* está influenciada principalmente por la oferta de mercado de un producto agrícola como es el cacao. Con base en esta realidad, el sistema inicial o SAF de subsistencia se modifica mediante la incorporación de árboles de cacao y el establecimiento de especies maderables, formando los SAFs de cacao con variada composición botánica y complejidad estructural horizontal y vertical.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anglaaere, Luke CN., Cobbina, Joseph, Sinclair, Ferguson L., & McDonald, M.** (2011). The effect of land use systems on tree diversity: farmer preference and species composition of cocoa-based agroecosystems in Ghana. *Agroforestry systems*, 81(3), 249-265.
- Arevalo, V., Vera, R. & Grijalva, J.** (2013). Mejoramiento de chakras, una alternativa de Sistema Integrado para la Gestión Sostenible de Bosques en comunidades nativas de la Amazonía Ecuatoriana. Ponencia presentada en el Sexto Congreso Forestal Español, España. Recuperado de: <http://www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-141.pdf>.
- Beer, J., Muschler, R., Kass, D. & Somarriba, E.** (1998). *Shade management in coffee and cacao plantations Directions in Tropical Agroforestry Research*. (pp. 139-164): Springer.
- Berry, P., Guariguata, M. & Kattan, G.** (2002). Diversidad y endemismo en los bosques neotropicales de bajura, en *Ecología y conservación de Bosques Neotropicales* (pp. 84-95).
- Bhagwat, S., Willis, K., Birks, H. & Whittaker, R.** (2008). Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in ecology & evolution*, 23(5), 261-267.
- Bonan, G.** (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320(5882), 1444-1449.
- Camacho, Y. & Plonczak, M.** (2012). Estudio fitosociológico de dos lotes en el piso de bosque premontano en la parroquia Carayaca, estado Vargas, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 56(1), 63-72.
- CLIRSEN.** (1999). Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos. Almanaque electrónico del Ecuador.
- Condit, R., Pitman, N., Leigh, E., Chave, J., Terborgh, J., Foster, R. & Villa, G.** (2002). Beta-diversity in tropical forest trees. *Science*, 295(5555), 666-669.
- Criollo Rojas, R.** (2014). Factores socioeconómicos y culturales que determinan el uso del bosque en la parroquia Hatun Sumaku, cantón Archidona, provincia de Napo en la reserva de biósfera Sumaco (Tesis Ingeniería Forestal). Cimborazo, Ecuador: Escuela Politécnica de Cimborazo. 147p.
- Curtis, J. & McIntosh, R.** (1950). The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology*, 31(3), 434-455.
- 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.
- Denslow, J. & Guzman, G.** (2000). Variation in stand structure, light and seedling abundance across a tropical moist forest chronosequence, Panama. *Journal of Vegetation Science*, 11(2), 201-212.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Pla, L., Vílchez, S. & Di Rienzo, M.** (2010). Qeco-Quantitative ecology software: A collaborative approach. *Revista Latinoamericana de Conservación*, 1(1).
- Di Rienzo, JÁ., Casanoves, F., Balzarini, MG., Gonzalez, L, Tablada, M. & Robledo, CW.** (2011). *InfoStat* versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de: <http://www.infostat.com.ar>.
- Finol, U.** (1971). Nuevos parámetros a considerar en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana*, 21, 29-42.
- Gutiérrez, I.** (2009). *Plan de manejo de la microcuena del Río Tena*.
- Jadán, O., Günter, S., Torres, B. & Selesi, D.** (2015). Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 12(28), 14-22.
- Jadán, O., Torres, B. & Günter, S.** (2012). Influencia del uso de la tierra sobre almacenamiento de carbono en sistemas productivos y bosque primario en Napo, Reserva de Biosfera Sumaco, Ecuador. *Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología*, 1(3), 173-186.
- Jose, S.** (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 76(1), 1-10.
- MAE.** (2008). Estudio multitemporal del uso del suelo y la cobertura vegetal de la Reserva de Biosfera

- Sumaco, Ecuador (1° ed.). Sumaco: Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Matey, A., Zeledón, L., Orozco, L., Chavarría, F., López, A. & Deheuvels, O.** (2013). Composición florística y estructura de cacaotales y parches de bosque en Waslala, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 49, 61-67.
- Melo, O. & Vargas, R.** (2003). Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.
- Montgomery, R. & Chazdon, R.** (2001). Forest structure, canopy architecture, and light transmittance in tropical wet forests. *Ecology*, 82(10), 2707-2718.
- Morales, M., Vílchez, B., Chazdon, L., Ortega, M., Ortiz, E. & Guevara, M.** (2012). Diversidad y estructura horizontal en los bosques tropicales del Corredor Biológico de Osa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 9(23), 19-28.
- Palacios, W. & Jaramillo, N.** (2001). Riqueza florística y forestal de los bosques tropicales húmedos del Ecuador e implicaciones para su manejo. *Revista Forestal Centroamericana*, 36, 46-50.
- Ramos, M. & Plonczak, M.** (2007). Dinámica sucesional del componente arbóreo, luego de un estudio destructivo de biomasa, en el bosque universitario San Eusebio, Mérida-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 51(1), 35-46.
- Rice, R. & Greenberg, R.** (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(3), 167-173.
- Rolim, S. & Chiarello, A.** (2004). Slow death of Atlantic forest trees in cocoa agroforestry in southeastern Brazil. *Biodiversity & Conservation*, 13(14), 2679-2694.
- Salgado, M., Ibarra, G., Macías, J. & López, O.** (2007). Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia*, 32(11), 763-768.
- Selesi, D.** (2013). Agroforestry Production Systems and Socioeconomic Aspects of Smallholder Cacao Farmer Households in the Sumaco Biosphere Reserve in Ecuador. Master, Berlin, Alemania: Humboldt Universität zu Berlin.
- Smith, D., Killeen, T., Dallmeier, F. & Comiskey, JA.** (1998). A comparison of the structure and composition of montane and lowland tropical forest in the Serranía Pilon Lajas, Beni, Bolivia. *Man and the Biosphere Series*, 21, 681-700.
- Suatunce, P., Somarriba, E., Harvey, C. & Finegan, B.** (2003). 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.
- Torres, B., Jadán, A., Aguirre, P., Hinojosa, L., & Günter, S.** (2014). Contribution of Traditional Agroforestry to Climate Change Adaptation in the Ecuadorian Amazon: The Chakra System. Handbook of Climate Change Adaptation (pp. 1-19): Springer.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Perfecto, I.** (2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes—a review. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 619-629.
- Turner, R., & Daily, G.** (2008). The ecosystem services framework and natural capital conservation. *Environmental and Resource Economics*, 39(1), 25-35.
- Valencia, R., Foster, R., Villa, G., Condit, R., Svenning, J., Hernández, C. & Balslev, H.** (2004). Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: large forest plot in eastern Ecuador. *Journal of Ecology*, 92(2), 214-229.
- Whitten, N. & Whitten, D.** (2008). Puyo Runa: imagery and power in modern Amazonia. Illinois: University of Illinois Press. 304p.

