# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

### CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

## TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**TEMA:**

**DIVERSIDAD FLORÍSTICA, ESTRUCTURA Y POTENCIAL MADERERO DEL SISTEMA "CHAKRA" CON CACAO DE LA ASOCIACIÓN TSATSAYAKU, CANTÓN CARLOS JULIO AROSEMENA, AMAZONÍA ECUATORIANA.**


**AUTOR(ES):**

Arias Ramírez Bryan Josué

Moreno Villota Kenny Roger

**DOCENTE - TUTOR:**

Ph.D. Segundo Bolier Torres Navarrete



Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

# Diversidad florística, estructura y potencial maderero del sistema "Chakra" con cacao de la Asociación Tsatsayaku, cantón Carlos Julio Arosemena, Amazonía Ecuatoriana

**Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra,**
**Carrera de Ingeniería Forestal**

## RESUMEN

En la Amazonía ecuatoriana el pueblo Kichwa maneja como modelo productivo sistemas agroforestales tradicionales (SAF) denominados "Chakra", de producción agroecológica ancestral que provee bienes, servicios ecosistémicos y contribuye con el 40% de la producción de alimentos de las familias Kichwa, fomentando la conservación y uso de la agrobiodiversidad.

El objetivo con el cual se realizó este trabajo fue para determinar la estructura y composición florística del bosque y potencial madero que proveen estos SAFs, para conocer y comprender el dinamismo de estos sistemas tradicionales con cacao de la Asociación Tsatsayaku, ubicada en el cantón Carlos Julio Arosemena, provincia Napo. Se establecieron parcelas permanentes y se caracterizó la composición, diversidad, estructura y potencial maderero, mediante índices de diversidad alfa y beta, IVI, clases diamétrica, posición sociológica, densidad $ha^{-1}$, área basal, volumen. Se registró en SAFs 19 familias botánicas, 24 géneros, 25 especies. Las especies más importantes ecológicamente fue *Cordia alliodora*, la posición sociológica indicó que *Zanthoxylum riedelianum, Cordia alliodora, Chimarrhis glabriflora, Sterculia tessmannii y Spondia mombin* se encuentran presente en dos estratos el resto de especies están distribuidas en un solo estrato. Los análisis estadísticos diferencias significativa en las variables; área basal (AB), Volumen, Número de familias, género y Riqueza. Sin embargo, la diversidad a nivel de SAF chakra-cacao corresponde a una diversidad media, sin mostrar diferencias estadísticas entre los SAFs evaluados.

**Palabras Clave**: Estructura y composición florística, diversidad biológica, Chakra, Amazonía Ecuatoriana.

## ABSTRACT

In the Ecuadorian Amazon, the Kichwa people manage as a production model traditional agroforestry system (SAF) called "Chakra", of ancestral agroecological production that provides goods, ecosystem services and contributes with 40% of the food production of the Kichwa families, promoting the conservation and use of agrobiodiversity.

The objective with which this work was carried out was to determine the structure and floristic composition of the forest and timber potential provided by these SAF, to know and understand the dynamism of these traditional cocoa systems of the Tsatsayaku Association, located in the Carlos Julio canton. Arosemena, Napo province. Permanent plots were established and the composition, diversity, structure and timber potential were characterized, through alpha and beta diversity indices, IVI, diameter classes, sociological position, density $ha^{-1}$, basal area, volume. 19 botanical families, 24 genera, 25 species were registered in SAFs. The most ecologically important species was *Cordia alliodora*, the sociological position indicated that *Zanthoxylum riedelianum, Cordia alliodora, Chimarrhis glabriflora, Sterculia tessmannii,* and *Spondia mombinthey* are present in two strata, the rest of the species are distributed in a single stratum. Statistical analyzes significant differences in the variables; AB, Vol, N, families, gender and R. However, the diversity at the SAF chakra-cocoa level corresponds to a medium diversity, without showing statistical differences between the SAFs evaluated.

**Keywords**: Floristic Structure and composition, biological diversity, Chakra, Ecuadorian Amazon.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el 2020 para el Ecuador, el área total destinada a cultivos permanentes fue de 1.4 millones de hectáreas; la región Costa abarcó el 71.8%, seguida de la Sierra con 17.5% y la Amazonía con el 10.6%. Pero dentro de los bosques ubicados en la amazonia, los cuales fueron incluidos como uno de los más biodiversos en el mundo. Se han dedicado innumerables estudios para poder cuantificar la diversidad e intentar describir la compleja diversidad florística de la amazonia, ya que es una de las áreas con más diversidad biológica a nivel mundial. Es así que para poder llevar a cabo tal labor en la amazonia ecuatoriana es imprescindible comprender ciertos patrones ecológicos a ciertas escalas locales, en las que las características de las zonas boscosas amazónicas sean descritas y cuantificadas de forma rigurosa. Ecuador está inmerso en este reto, oportunidad para que los SAF sean considerados una alternativa de modelo de desarrollo productivo sostenible (Enríquez & Peralta, 2020).

En la Amazonía ecuatoriana el pueblo Kichwa maneja como modelo productivo sistemas agroforestales tradicionales (SAF-T) denominados “Chakra”, de producción

agroecológica ancestral que provee bienes, servicios ecosistémicos, contribuye con el 40% de la producción de alimentos de las familias Kichwas fomentando la conservación y uso de la agrobiodiversidad por la combinación de cultivos de ciclo corto, bianuales y perennes (Caicedo, 2020). Se ha cuestionado la implementación de estos sistemas dentro de las comunidades por sus escasos ingresos económicos debido a una mala planificación u otro motivo quizás desconocido, los cuales se intentan resolver mediante estos estudios, sin embargo, aunque existan distintos estudios florísticos y ecológicos realizados, se debe reconocer que la amazonia ecuatoriana presenta características biológicas aún muy poco estudiadas y conocidas en comparación de otras partes del mundo.

La Asociación de Productores de Cacao Fino de Aroma "Tsatsayaku" formada por familias kichwas y colonas productoras de cacao, café, guayusa y otros productos de la chakra, conformada por 51 socio, 179 productores socios y alrededor de 500 familias de 13 comunidades son beneficiarios indirectos (Torres *et al*, 2022), cultivan cacao mediante SAF-cacao clasificado como policultivo tradicional con base en la complejidad estructural y funcional del componente arbóreo (Rice & Greenberg, 2000). Proceso logrado al fortalecimiento conjuntamente con el apoyo del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), que comenzó con la Escuela de Campo del Cacao y Gobierno Provincial que estuvo a cargo de la Mesa del Cacao, estos nexos permitieron la cooperación de GIZ agencia del Gobierno Federal Alemán, especializada en la cooperación técnica para el desarrollo sostenible en todo el mundo.

Ecológicamente los árboles maderables y frutales en los SAF 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). Por ello los estudios de diversidad, estructura, dinámica, almacenamiento de carbono, sientan las bases de conocimiento de índices de diversidad, biomasa sobre el suelo, potencial maderero, estimación económica de bienes y servicios, tienen como objetivos generar resultados que fortalezcan las gestiones in situ y de gobernanza local participativa que están conduciendo a aumentar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad de la chakra, con ello a mejorar la soberanía alimentaria y los ingresos económicos de la familia kichwa. Puesto que una de las grandes amenazas de deterioro de la chakra es la inserción de la agricultura convencional para complementar los ingresos económicos, sin mirar las

consecuencias culturales, sociales, ambientales, políticas y económicas. (Jadan *et al*, 2016; Enríquez & Peralta, 2020).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

### 2.1 Ubicación del área de estudio

Este trabajo se lo realizo en la comunidad kichwa Tsatsayaku (figura 1), ubicada en el cantón Carlo Julio Arosemena Tola, provincia Napo, la zona de vida corresponde Bosque húmedo siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes (Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental), altitud entre 840 y 1400 msnm, temperatura media anual 21,3°C y precipitación media anual 4119 mm la humedad relativa es de 84% (MAE, 2012; INAMHI, 2014).




**Figura 1. Ubicación de la comunidad Kichwa Tsatsayaku**

### 2.2 Selección de sitio de investigación

Se levantó la información de 12 familias (fincas) parcelas permanentes de 40m x 40m (1600 $m^2$) cuatro subparcelas en cada SAF. Los datos del inventario fueron tomados entre agosto a noviembre del 2020, en el marco del proyecto: GCP/GLO/534/ITA "Agricultura Climáticamente Inteligente en cacao bajo sistema agroforestal en Ecuador" ejecutado por FAO-Ecuador, en colaboración con la Corporación para el Desarrollo Sostenible

Conservación y Cambio Climático (DSC) de la ciudad de Tena, bajo la dirección científica del Dr. Bolier Torres, Docente Titular de la Universidad Estatal Amazónica.

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

En cada parcela se inventarió todas las especies maderables ≥ 10 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho de 1.30 m del suelo) y altura total, los árboles en límite de las parcelas fueron registrados siempre y cuando la mitad o más del área basal estuvieran dentro de la parcela, mismo que fueron etiquetados, identificados y verificados según la Filogenia de Grupo Angiosperma con sus siglas en inglés APG, cuarta versión (APG IV) en su última actualización en enero del 2018. La composición florística para cada SAF fue caracterizada a nivel de parcela según el número de familias, géneros y especies.

La diversidad alfa fue determinada con base a la riqueza de especies y abundancia según los índices; a) Riqueza de especies, (b) Índice de equidad de Shannon-Wiener y (c) índice de dominancia de Simpson. Para la diversidad beta se determinó mediante el índice de similitud de Jaccard, calculados por los programas Biodiversity Professional y PAST v.4.0.

### 2.4 Caracterización de la estructura: horizontal y vertical y potencial maderero

La estructura horizontal se evaluó mediante; densidad (N $ha^{-1}$), área basal ($m^2$ $ha^{-1}$), distribución según clases diamétricas e índice de valor de importancia ecológica (IVI) a través de los valores de dominancia y abundancia relativa (ecuación 4, tabla 1), según la metodología de Curtis & McIntosh, (1950) y Ramos & Plonczak (2007). Para evaluar la estructura vertical se calculó la densidad (N $ha^{-1}$) y el valor fitosociológico relativo (ecuación 3, tabla 1), para los estratos; superior (h > 20 m), medio (h > 10 m ≤ 20 m) e inferior (h ≤ 10 m) según la metodología de López & Godínez (2002) y Finol (1971). El calculó de potencial maderero se estimará área basal, volumen total y comercial.

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

| Variable | Ecuación | Descripción | N°. de la ecuación |
|---|---|---|---|
| Valor fitosociológico por especie (VFi) | $VFi = \frac{ni\ ha^{-1}}{N\ ha^{-1}}\ x\ 100$ | VFi: Valor fitosociológico de una especie en el i-ésimo sub-estrato.<br>ni ha-1 = número de individuos por hectárea de una especie en el i-ésimo sub-estrato.<br>N ha-1 = Número de individuos por hectárea, presentes en todos los estratos.<br>i: sub-estrato inferior (i), médio (m) o superior (s). | Ec 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Indicie de posición sociológica absoluta por especie (PSa) | PSa= VF(i)*n(i)+VF(m)*n(m)+VF(s)*n(s) | PSa= Posición sociológica absoluta (VF=n/N), siendo: VF= Valor Fitosociológico del subestrato; n= número de individuos del sub-estrato; N= número total de individuos de todas las especies. VF= Valor fitosociológico del sub-estrato n= número de individuos de cada especie, i: inferior; m: medio; s: superior | Ec 2 |
| Índice de posición sociológica relativade cada especie (PSr) | $PSr = \frac{PSa}{\sum_{i=1}^{n} PSa}$ | PSr: Posición sociológica relativa. Psa: Posición sociológica absoluta de cada especie. $\Sigma PSa$: Sumatoria de las posiciones sociológicas de todas las especies. | Ec 3 |
| Índice de valor de importancia de cada especie (IVI) | IVI= (Ar + Dr+ Fr) /100 | IVIr: Índice de valor de importancia relativo (%). Ar: Abundancia relativa (%). Dr: Dominancia relativa (%). Fr: Frecuencia relativa (%). | Ec 4 |

### 2.5 Análisis estadísticos

Los parámetros de composición florística, riqueza, diversidad florística, índices de diversidad alfa y beta fueron procesados con el programa SPSS. Para contestar la pregunta de investigación, las variables de composición florística, diversidad alfa y estructura como densidad, dominancia, área basal y volumen fueron comparadas entre las fincas muestreadas mediante pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis ($P < 0.05$). La diversidad beta fue analizada mediante el método de separación de Bray-Curtis.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Composición florística y diversidad

La composición de los SAFs de la Asociación Tsatsayaku mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) a nivel de familias, sin embargo, a nivel de géneros, especies y diversidad alfa no presentaron diferencias significativas (tabla 2). En los cinco SAF muestreados registró un total de 131 árboles con DAP ≥ 10 cm representadas en 19 familias botánicas, 24 géneros, 25 especies con 20.66 cm de DAP promedio, no registra un patrón específico de composición, por lo que se distribuyen familias y especies diferentes para cada SAF (tabla 4 y figura 2).

Estos resultados concuerdan estudios realizados por Jadan *et al*. (2016) en SAF sistema tradicionales chakras - cacao en el cantón Tena, no se registró diferencias

significativas a nivel de las variables estudiadas; familia, género, especies, índices de Shannon, Simpson, donde las especies registradas concuerdan con este estudio. La chakra Kichwa está relacionada mayormente con plantas que sirven para la alimentación de su pueblo indígena y está compuesta por plantas de hábito herbáceo con pocos arbustos y árboles (Arevalo *et al.*, 2013).

**Tabla 2. Familias, géneros, especies y diversidad de sistema chakras kichwas con cacao**

| Variables | SFs1 | SFs2 | SFs3 | SFs4 | SFs5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Familia | 2,00 ± 0,41 a | 2,75 ± 0,48 a | 4,25 ± 0,63b | 2,50 ± 0,29 b | 1,75 ± 0,25 a |
| Género | 1 ,00 ± 0,41 a | 2,75 ± 0,48 ab | 4,50 ± 0,63b | 2,50 ± 0,29 a | 1,75 ± 0,25 a |
| Riqueza | 2 ,00 ± 0,41 a | 2,75 ± 0,48 ab | 4,75 ± 0,75 b | 2,25 ± 0,49 a | 1,75 ± 0,25 a |
| Shannon | 0,53 ±0,18 a | 0,91 ± 1,76 a | 1,00 ± 0,15 a | 0,68 ± 0,24 a | 0,34 ± 0,11 a |
| Simpson | 0,35 ± 0,12 a | 0,55 ± 0,08 a | 0,48 ± 0,63 a | 0,42 ± 0,14 a | 0,35 ± 0,16 a |

Letras diferentes indican diferencias significativas (Kruskal Wallis P < 0.05) SAF= Sistema agroforestal tradicional Chakra chikwa).

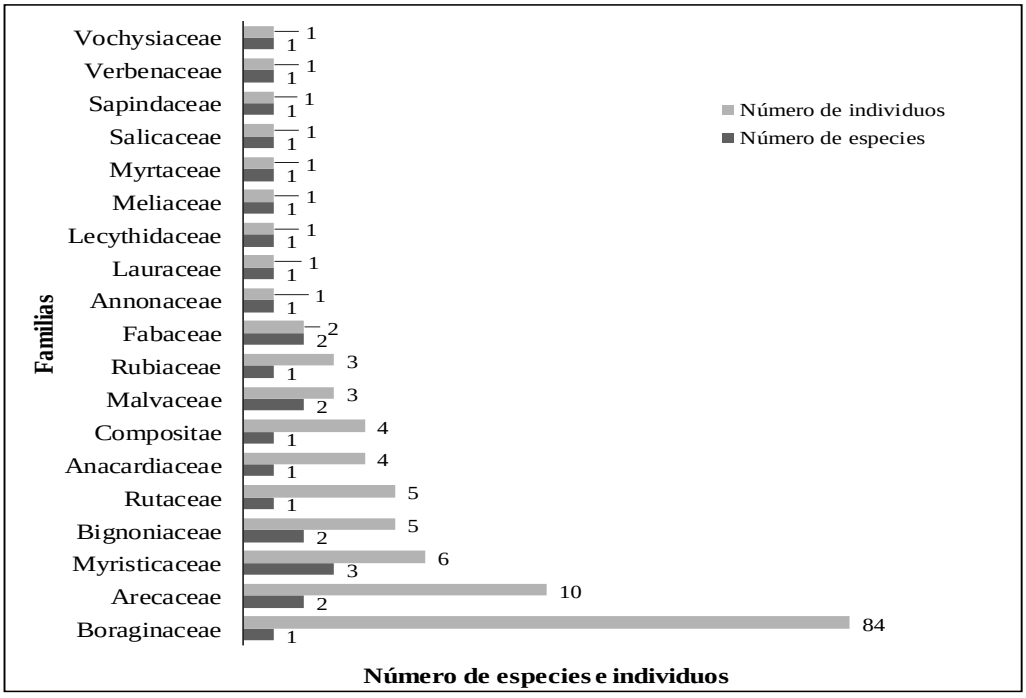



**Figura 2. Familias botánicas registradas en SAF chakra-cacao de la comunidad Kichwa Tsatsayaku**

Los índices alfa de Shannon, Simpson, no presentaron diferencias significativas (p < 0.05) entre todos los SAF; mostrando una diversidad (Simpson) y baja (Shannon), siendo

más diversa SAF2 y con mayor número de especies (riqueza) SAF3. El índice de similitud de Jaccard mostró una baja similitud de especies exclusivas, entre los SAF siendo el valor más alto 38% entre SAF1 y SAF2 siendo semejantes considerando su riqueza específica y no su rareza.

**Tabla 3. Índice de similitud de Jaccard**

| | SAF1 | SAF2 | SAF3 | SAF4 | SAF5 |
|---|---|---|---|---|---|
| SAF1 | | 0,38 | 0,06 | 0,22 | 0,14 |
| SAF2 | 0,38 | | 0,05 | 0,33 | 0,13 |
| SAF3 | 0,06 | 0,05 | | 0,11 | 0,06 |
| SAF4 | 0,22 | 0,33 | 0,11 | | 0,13 |
| SAF5 | 0,14 | 0,13 | 0,06 | 0,13 | |

El dendrograma jerárquico obtenido a partir de las medidas de Bray-Curtis, con un 50% de similitud en la abundancia de especies, permitió la identificación de tres grupos ecológicos para los SAF (Figura 2), y se observa que no se marca ningún patrón específico a nivel de SAF para los análisis de cada familia y no se estable una relación directa ni proporcional en aumento o disminución de la riqueza, abundancia de especies. Las especies establecidas o que componen los SAF son plantadas, relictas y de regeneración natural, lo que evidencia que una parte de lo que fue el bosque está representada en estos sistemas, conservando parte de la diversidad florística de los bosques.

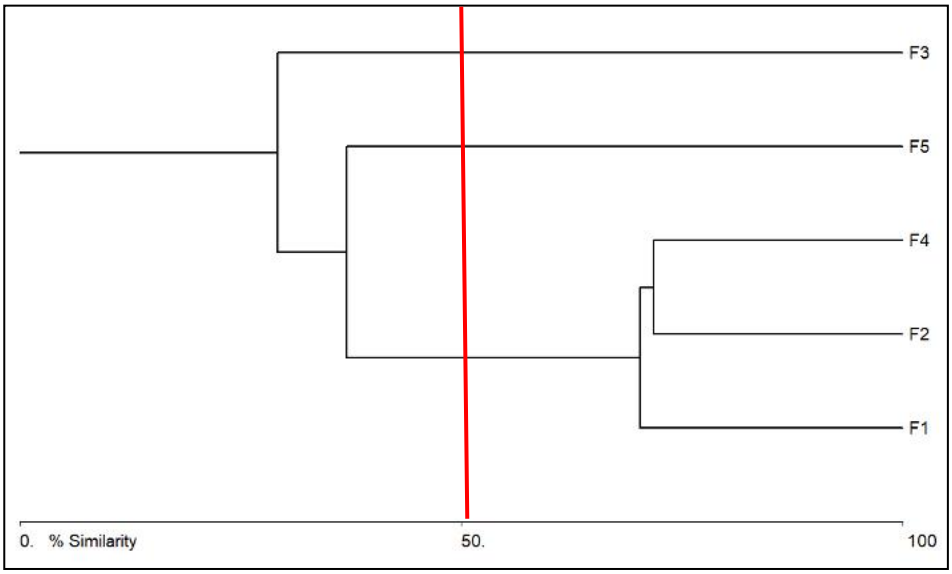



**Figura 2. Dendrograma jerárquico (método de Bray-Curtis) de agrupamiento de las parcelas según la composición de las especies.**

### 3.2 Estructura horizontal y vertical de la vegetación

En la densidad (N $ha^{-1}$) y área basal se registró diferencias significativas ($P < 0.05$), con mayores valores para SAF3 101,5 ± 15,76 individuos $ha^{-1}$ y 4,23 ± 0,89 $m^2$ $ha^{-1}$ (tabla x). Según las clases diamétricas, en la categoría (clase diamétrica I; 10 a 22 cm de DAP) registró mayor número de individuos por hectáreas para SAF; 2,3,4 y 5, con una densidad máxima de 256 ± 72.1 N $ha^{-1}$ para SAF3 (figura 3), con una distribución diamétrica de forma típica de una "Jota" invertida, representativa de poblaciones disetáneas y con tendencias natural a la heterogeneidad. Para SAF1 la clase con mayor densidad fue la clase II (22,1 – 34 cm) con una distribución asíntota, esto puede justificarse que algunas especies son plantadas en especial *C. alliodora* que representa a este SAF (tabla 4). Estos resultados son similares a los obtenidos por Deheuvels *et al.* (2012) quién registró 247 N $ha^{-1}$ es SAF tradicionales con cacao y con Jadan *et al.* (2016) con 232 N $ha^{-1}$ es SAF tradicionales con cacao.

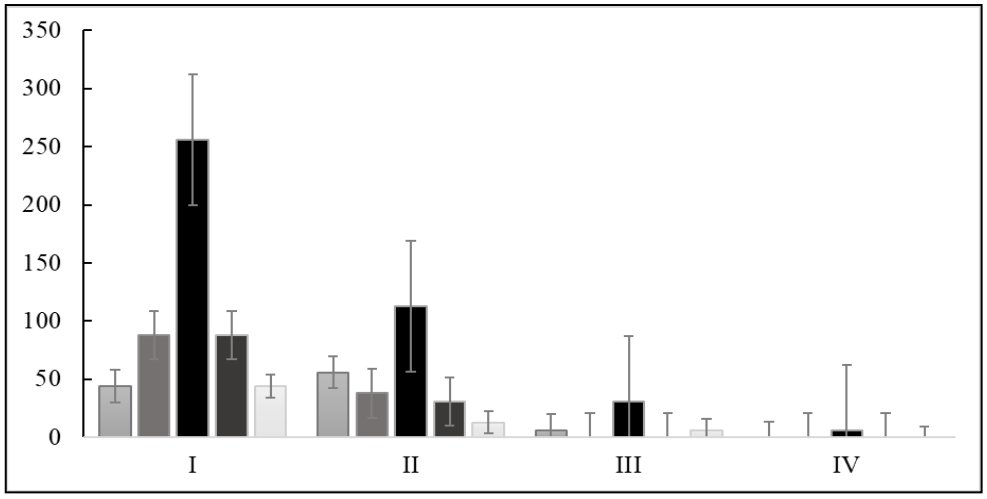



**Figura 3. Distribuciones diamétricas para densidad (N $ha^{-1}$) en sistemas chakras - cacao.**
Las barras verticales representan el error estándar. Clases diamétricas: I: 10-22 cm; II: 22.1 – 34cm; III: 34.1-46 cm; IV:46.1–58cm.

La especie que presentó mayor número de individuos en todos los SAF fue C. alliodora registrando un máximo de 44 individuos (51,26%) de la familia Boraginaceae (tabla 4), el resto de especie registró por debajo de cinco individuos por especies, determinándose

como la especies más abundante, dominante de mayor importancia ecológica (IVI) en todos los SAF, seguida de *Cedrelinga cateniformis*, *Otoba glycycarpa* y *B. gasipaes* (tabla 4), correspondientes a especies comerciales. La estructura vertical el mayor número de individuos se registra en al estrato medio (≥ 10, 1 m ≤ 20 m) según la metodología de Acosta (2006) para todos los SAF excepto en SAF5, sin embargo, se muestran distribuidas en los diferentes estratos (inferior: > 10m; medio: ≥ 10, 1 m ≤ 20 m; superior: > 20m) (figura 5), las especies; Zanthoxylum riedelianum, C. alliodora, Chimarrhis glabriflora, Sterculia tessmannii y Spondia mombin se encuentran presente en dos estratos el resto de especies están distribuidas en un solo estrato. Estas estructuras verticales se asemejan a bosques secundarios y permiten cumplir funciones productivas y de conservación a escala de finca y paisaje (Suatunce *et al.,* 2003; Tscharntke *et al.,* 2011).

**Tabla 4. Valores de índice de importancia ecológica, Posición sociológica de los SAF**

| Sistema | Especies | Dr % | Dor % | Fr % | IV I (%) | Psa | Psr (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SFs1 | *Cordia alliodora* | 70,59 | 71,54 | 42,86 | 61,66 | 11,29 | 74,71 |
| | *Bactris gasipaes* | 11,76 | 4,10 | 14,29 | 10,05 | 1,88 | 12,45 |
| | *Cedrelinga cateniformis* | 5,88 | 17,11 | 14,29 | 12,42 | 0,94 | 6,23 |
| | *Zanthoxylum riedelianum* | 5,88 | 5,90 | 14,29 | 8,69 | 0,94 | 6,23 |
| | *Nephelium lappaceum* | 5,88 | 1,36 | 14,29 | 7,17 | 0,06 | 0,39 |
| **Total** | | **100,0** | **100,0** | **100,0** | **100,0** | **15,1** | **100,0** |
| SFs2 | *Cordia alliodora* | 50 | 65,86 | 36,36 | 50,74 | 5,30 | 52,48 |
| | *Zanthoxylum riedelianum* | 20 | 11,54 | 18,18 | 16,57 | 1,90 | 18,81 |
| | *Bactris gasipaes* | 10 | 6,90 | 18,18 | 11,69 | 0,90 | 8,91 |
| | *Spondias mombin* | 10 | 3,31 | 9,09 | 7,47 | 0,90 | 8,91 |
| | *Theobroma bicolor* | 5 | 8,01 | 9,09 | 7,37 | 0,55 | 5,45 |
| | *Cabralea canjerana* | 5 | 4,39 | 9,09 | 6,16 | 0,55 | 5,45 |
| **Total** | | **100** | **100** | **100** | **100** | **10,1** | **100** |
| SFs3 | *Cordia alliodora* | 67,69 | 51,26 | 21,05 | 46,67 | 25,12 | 75,71 |
| | *Otoba glycycarpa* | 6,15 | 9,31 | 15,79 | 10,42 | 2,71 | 8,16 |
| | *Jacaranda copaia* | 3,08 | 14,31 | 5,26 | 7,55 | 0,31 | 0,93 |
| | *Chimarrhis glabriflora* | 4,62 | 5,18 | 5,26 | 5,02 | 1,52 | 4,59 |
| | *Annona papilionella* | 1,54 | 5,29 | 5,26 | 4,03 | 0,15 | 0,46 |
| | *Virola obovata* | 1,54 | 4,02 | 5,26 | 3,61 | 0,15 | 0,46 |
| | *Virola sebifera* | 1,54 | 3,50 | 5,26 | 3,43 | 0,68 | 2,04 |
| | *Sterculia tessmannii* | 3,08 | 2,72 | 5,26 | 3,69 | 0,85 | 2,55 |
| | *Citharexylum poepigii* | 1,54 | 1,17 | 5,26 | 2,66 | 0,17 | 0,51 |
| | *Wettinia maynensis* | 1,54 | 0,59 | 5,26 | 2,47 | 0,68 | 2,04 |
| | *Handroanthus chrysanthus* | 3,08 | 0,69 | 5,26 | 3,01 | 0,34 | 1,02 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Gustavia macarenensis* | 1,54 | 0,53 | 5,26 | 2,44 | 0,17 | 0,51 |
| | *Casearia arborea* | 1,54 | 0,97 | 5,26 | 2,59 | 0,17 | 0,51 |
| | *Inga edulis* | 1,54 | 0,45 | 5,26 | 2,42 | 0,17 | 0,51 |
| **Total** | | **100** | **100** | **100** | **100** | **33** | **100** |
| SFs4 | *Cordia alliodora* | 52,63 | 49,49 | 30,00 | 44,04 | 5,11 | 53,59 |
| | *Bactris gasipaes* | 21,05 | 14,24 | 20,00 | 18,43 | 1,89 | 19,89 |
| | *Vochysia braceliniae* | 5,26 | 1,47 | 30,00 | 12,24 | 0,47 | 4,97 |
| | *Jacaranda copaia* | 5,26 | 13,45 | 10,00 | 9,57 | 0,53 | 5,52 |
| | *Spondias mombin* | 10,53 | 13,99 | 0,00 | 8,17 | 1,00 | 10,50 |
| | *Persea americana* | 5,26 | 7,37 | 10,00 | 7,54 | 0,53 | 5,52 |
| **Total** | | **100** | **100** | **100** | **100** | **10** | **100** |
| SFs5 | *Cordia alliodora* | 50 | 77,79 | 42,86 | 56,88 | 2,5 | 50 |
| | *Vernonanthura patens* | 40 | 15,11 | 14,29 | 23,13 | 2 | 40 |
| | *Psidium guajava* | 10 | 7,11 | 42,86 | 19,99 | 0,5 | 10 |
| **Total** | | **100** | **100** | **100** | **100** | **5** | **100** |

Dr: densidad relativa; Dor: dominancia relativa; Fr: frecuencia relativa; IVI: índice de valor importancia; Psa, posición sociológica absoluta, Psr: relativa; SAF: Sistema Agroforestal sistema chakra.

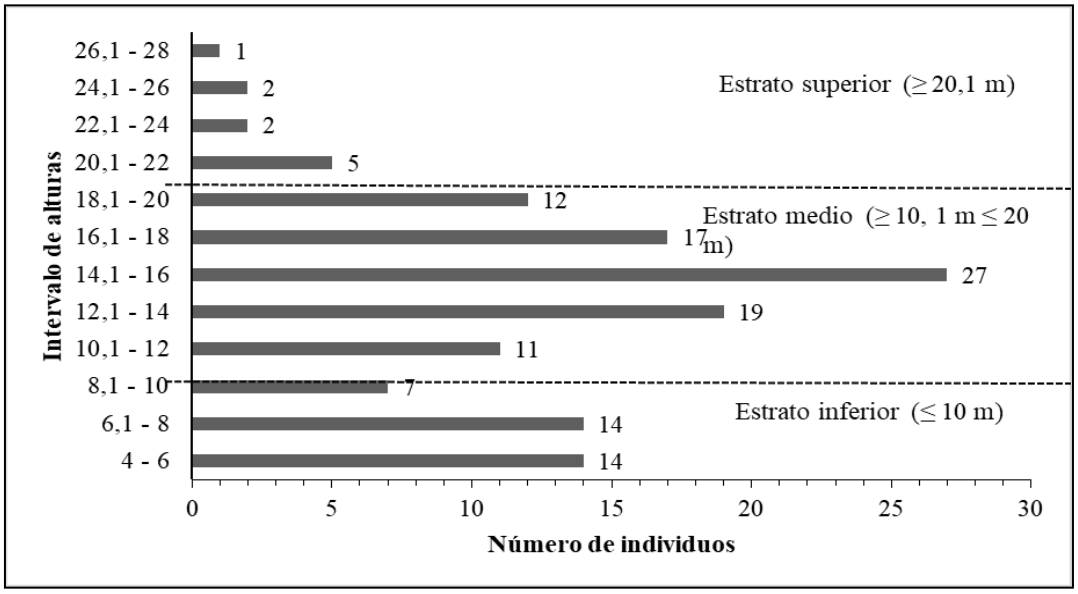



**Figura 4. Distribuciones de las alturas en sistemas chakras - cacao**

### 3.3 Potencial maderero de SAF

El volumen total, volumen comercial y área basal presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), se obtuvo un volumen total de 525,57 ± 36,14 $m^3$ $ha^{-1}$, volumen comercial de 263,53 ± 18,14 $m^3$ $ha^{-1}$, área basal de 31.65 ± 6,3 $m^2$ $ha^{-1}$ y una densidad total de 820 N $ha^{-1}$ para el total de cinco SAF estudiados. El SAF3 registró mayor volumen con 316.84 $m^3$ha-1 y volumen comercial de 164.69 ± 26,02, los demás SAF registraron

volúmenes por debajo de 70 $m^3$ $ha^{-1}$. La especie que aporta mayor volumen fue *C. alliodora* con 301,17 $m^3$ $ha^{-1}$, seguida de *Jacaranda copaiba* con 73.24 $m^3$ $ha^{-1}$, el resto de especie su aporte está por debajo de los 25 $m^3$ $ha^{-1}$. El SAF3 obtuvo mayor riqueza de especie, área basal y volumen, esto se justifica por los resultados obtenidos por Jadan *et al.* (2016) quien menciona que los SAFs-cacao la riqueza de especies se correlaciona positivamente con la densidad y área basal, marcando dependencia directa entre estas variables.

**Tabla 5. Medias de Área basal, Volumen total y comercial de los SAF**

| Variables | SFs1 | SFs2 | SFs3 | SFs4 | SFs5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Área basal ($m^2$ $ha^{-1}$) | 1,22 ± 0,44 a | 0,99 ± 0,29 a | 4,23 ± 0,89 b | 0,89 ± 0,19 a | 0,59 ± 040 a |
| Densidad (N $ha^{-1}$) | 26,75 ± 5,92 a | 31,2 ± 5,10 a | 101,5 ± 15,76 b | 29,8 ± 3,94 b | 16,0 ± 1,73 a |
| Volumen comercial ($m^3$ $ha^{-1}$) | 9,61 ± 4,46 a | 6,15 ± 1,35 a | 41,17 ± 9,71 b | 5,78 ± 2,04 a | 3,16 ± 1,58 a |
| Volumen total ($m^3$ $ha^{-1}$) | 19,78 ± 7,47 a | 13,15 ± 4,72 a | 79,21 ± 18,54 b | 11,27 ± 3,35 a | 7,97 ± 3,78 a |

## 4. CONCLUSIONES

Los sistemas agroforestales tradicionales Chakra-cacao son importante para la conservación de especies, en este estudio y otros mencionados se evidencia la diversidad, riqueza y estructura del componente arbóreo, teniendo semejanza a un bosque. Estas especies arbóreas son comerciales, por ello *C. alliodora*, y la palma *B. gasipaes*, que fueron registradas en todos los SAF muestreados lo que también es importante reconocer que el aprovechamiento de estas especies es a mediano y largo plazo, durante ese tiempo que se espera el turno de corta de las especies forestales, se siguen cumpliendo funciones semejantes a los bosques.

El potencial maderero de las chakras-cacao resulta una alternativa a más de productiva, como sumidero de carbono considerando todo el componente arbóreo y el cacao, estos modelos SAFs-cacao tradicionales están relacionados de manera directa por la oferta del mercado del cacao, por ello el fortalecimiento de estos sistemas debe ser constante, para evitar el debilitamiento de la tradicional chakra y las consecuencias futuras de tan importantes SAF.

## REFERENCIAS

Acosta, V., Araujo, P., & Iturre, M. (2006). *Caracteres estructurales de las masas*. [Universidad Nacional de Santiago del Estero]. https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-22-Caracteres-estructurales-ACOSTA.pdf

Aguirre, M. Z. (2013). *Guia De Metodos Para Medir La Biodiversidad. In Universidad Nacional de Loja*. https://www.academia.edu/download/41357809/guia-para-medicic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf

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

Almeida Vélez, A. E. (2017). *La reproducción de la vida: entre la autonomía de la chakra y la dependencia del mercado. Análisis de género en el contexto de la economía social y solidaria en comunidades Kichwas de Napo*. http://8.242.217.84:8080/jspui/handle/123456789/3523

Arias Gutiérrez, R., González Sousa, R., Herrera Sorzano, A., & Pérez Quintana, M. (2016). AGROBIODIVERSIDAD AMAZÓNICA Y ESTRATEGIAS DE DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE. Revista de Ciencias Sociales, 151. https://doi.org/10.15517/rcs.v1i151.24969

Arias, R., Carpio, T., Herrera, A., & González, R. (2016). Diversified Crop Indigenous System and Local Development in Ecuadorian Amazonia. Cultivos Tropicales, 37(2), 7–14. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1878.1688

Coq-Huelva, D., Torres, B., & Bueno-Suárez, C. (2017). Indigenous worldviews and western conventions: Sumak kawsay and cocoa production in Ecuadorian Amazonia. Agriculture and Human Values, 35, 163–179.

E., M., P., P., & (eds.). (2013). Aprovechamiento forestal y mercados de la madera en la Amazonía Ecuatoriana. In Aprovechamiento forestal y mercados de la madera en la Amazonía Ecuatoriana. https://doi.org/10.17528/cifor/004290

Estupiñán Hernández, M. J. (2020). Revitalización del uso de plantas alimenticias en la chakra kichwa Centro de Turismo Comunitario Sinchi Warmi. Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad, 3(2), 98–109. https://doi.org/10.46380/rias.v3i2.94

Hosokawa, R. T. (1986). Manejo e economia de florestas. FAO, Roma (Italia).

GENTRY, A. H., 1992. A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary notes on herbaceous taxa. 1ra ed. Washington, DC: Conservation International. 920 pp.

INAMHI. (2012). Republica del ecuador instituto nacional de meteorologia e hidrologia anuario meteorológico. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am 2012.pdf

Izurieta, G., Torres, A., Patiño, J., Vasco, C., Vasseur, L., Reyes, H., Torres, B. 2021. Exploring community and key stakeholders' perception of scientific tourism as a strategy to achieve SDGs in the Ecuadorian Amazon. Tour. Manag. Perspect. 2021,39, 100830

Jadán, O., Günter, S., Torres, B., & Selesi, D. (2014). Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 12(28), 13. https://doi.org/10.18845/rfmk.v12i28.2096

Jadán, O., Torres, B., Selesi., D., Peña., D., Rosales, C. & Gunter. (2016). Diversidad Florística Y Estructura En Cacaotales Tradicionales Y Bosque Natural (Sumaco, Ecuador). Colombia Forestal, 19, 5-18.

Jimenez. (2001). Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales.

Jiménez, E. (2010). Manejo de Cuencas Hidrográficas: Usuarios del Agua de la Cuenca del Rio Valdivia-California. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Magurran, A. E. (2004). Medición de la diversidad biológica. Oxford: Blackwell. ISBN 0-632-05633-9.

Marcelo, Peña, J. L., Reynel-Rodríguez, C., Zevallos-Pollito, P., Bulnes-Soriano, F., & Pérez-Ojeda del Arco, A. (2007). Diversidad, composición florística y endemismos en los bosques estacionalmente secos alterados del distrito de Jaén, Perú.

Matteucci, C. (1982). Metodologías para el estudio de la vegetación.Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.Washington,.

Quispe, W. (2010). Universidad nacional amazonica de madre de Dios.

Recuperado el 18 de octubre de 2019, de "Estructura Horizontal y vertical de dos tipos de bosque concesionados en la Región Madre de Dios".

Salazar, M. (2010). Composición florística, estructura, muestreo diagnóstico y estado de conservación de una consecuencia de bosques tropicales del corredor biológico osa Costa rica. Recuperado el 4 de noviembre de 2019, de Instituto tecnológico de costa rica.

Torres, B., Jadan, O., Aguirre, P., Hinojosa, L., Günter, S. (2015). The contribution of traditional agroforestry to climate change adaptation in the Ecuadorian Amazon: The chakra system. ed. W. Leal Filho, 1973-1994. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Torres, B., Andrade, A., Enriquez, F., Heredia, M., Bravo, C. 2022. Estudios sobre medios de vida, sostenibilidad y captura de carbono en Chakra con cacao: casos de las asociaciones Kallari, Wiñak y Tsatsayaku, Amazonía Ecuatoriana. FAO - Ecuador. En imprenta.

Maldonado Valero, N. A. (2019). Estrategias para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica. *Revista Scientific*, *4*(12), 201–218. https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2019.4.12.10.201-218

Padawer, A., & Rodriguez Celin, M. L. (2015). Ser del monte, ser de la chacra: experiencias formativas e identificaciones étnicas de jóvenes rurales en el noreste argentino. *Cuicuilco Revista de Ciencias Antropológicas*, *22*(62), 265–286. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35138082014

Silvia, L., & Hidalgo, N. A. (2006). La pérdida de la diversidad biológica: un problema de todos. *Luz*, *5*(3), 1–9. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=589165889006

Uruburu-Gilède, S., & Ortiz-Nova, Y. (2016). Chagras y alimentación: espacios culturales que se transforman. *Razón y Palabra*, *20*(94), 471–486. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199547464029

Cano, A., & Stevenson, P. R. (2008). DIVERSIDAD Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE TRES TIPOS DE BOSQUE EN LA ESTACIÓN BIOLÓGICA CAPARÚ, VAUPÉS. *Colombia Forestal*, *12*(1), 63. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2009.1.a06

Hernández, P., & Giménez, A. M. (2016). Diversity, floristic composition and structure in the Chaco Serrano, Argentina. *Madera y Bosques*, *22*(3), 37–48. https://doi.org/10.21829/myb.2016.2231455

Mantilla, L. R. (2000). *AMAZONíA ECUATORIANA ESCENA RIO Y ACTORES DEL 2000* (M. C. Sanchez (ed.); Vol. 1). https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43406.pdf

Manzanilla Quijada, G. E., Mata Balderas, J. M., Treviño Garza, E. J., Aguirre Calderón, Ó. A., Alanís Rodríguez, E., & Yerena Yamallel, J. I. (2020). Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *11*(61), 94–123. https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.703

# ANEXOS

# MARCO TEÓRICO

## 1. Estructura del bosque

La estructura del bosque según (Maldonado Valero, 2019), " es la forma en que las plantas se organizan en el espacio y considera tanto la distribución como la variación en las dimensiones de los individuos". Es imprescindible además mencionar desde el punto de vista de (Manzanilla Quijada et al., 2020) "que la distribución está determinada por las estrategias de regeneración de las especies, la intervención silvícola y la fase de desarrollo del rodal". Mientras que la variación de las dimensiones como lo señala (Hernández & Giménez, 2016), "se refiere a la relación de tamaño de los individuos que la componen y puede evaluarse, principalmente, a través de la medición de diámetros y alturas".

## 2. Composición florística

La conceptualización de acuerdo con (Cano & Stevenson, 2008) "la composición florística se entiende como la enumeración de las especies de plantas presentes en un lugar, usualmente teniendo en cuenta su densidad, su distribución y su biomasa".

## 3. Diversidad biológica

La diversidad biológica concuerda con ser un grado de variación en el que se ven influenciados todos los organismos vivos y las condiciones ecológicas complejas donde estos se encuentran y suceden como. Estas se manifiestan de manera irregular distribuidas en los paisajes, regiones y los hábitats, es por esto que su cuantificación a diferentes tipos de escalas da paso a planear estrategias para un posible manejo y conservación de los mismos (Padawer & Rodriguez Celin, 2015).

## 4. Chakra

Según (Maldonado Valero, 2019) en las etnias o comunidades indígenas donde normalmente se realiza esta práctica milenaria, se enmarca la coexistencia de dos diferentes tipos de chacras. En definitiva, estas son:

### 4.1 Chakra de producción mixta

"Son chacras de producción mixta (hortalizas, frutales, frutas finas, hierbas

aromáticas, cerdos, aves de corral, etc.), con una agricultura tradicional que ha perdurado desde la ocupación humana de estos valles (a fines del S. XIX y principios del S. XX). Es una actividad de subsistencia que utiliza técnicas tradicionales".

### 4.2 Chakra con una variada incorporación de tecnología

"Son chakras con una variedad de incorporación de tecnología de diverso nivel de desarrollo y con producciones más específicas: lúpulo, fruta fina, hortalizas, lácteos. Algunas con producción orgánica certificada".

## 5. Amazonia ecuatoriana

La Región Amazónica ecuatoriana RAE, como opina (Silvia & Hidalgo, 2006) "es la región con mayores contrastes en el mundo. Su inmensa diversidad biológica y cultura le permite afirmar que es el ecosistema más cautivante y complejo del planeta". Por otra parte, este se ha visto vulnerable ante los diferentes conflictos de desarrollo regional y nacional el cual amenaza la supervivencia de el innumerable numero de especies que se encuentran en estas zonas, e inclusive el de las civilizaciones y etnias de las poblaciones humanas (Uruburu-Gilède & Ortiz-Nova, 2016). Como afirma (Mantilla, 2000) "por ejemplo ¿Cómo garantizar el desarrollo de esta región conservando al mismo tiempo su inmensa riqueza? Muchas teorías se han elaborado para responder esta pregunta, pero lastimosamente mientras se lo hace la destrucción avanza implacable". Es evidente el cambio de la calidad actual de vida, debido a los impactos y deterioro progresivo de la madre naturaleza, sin embargo, es aun mas preocupante, no detenernos a ejecutar un plan de cambio, que cuando ya sea demasiado.