UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TEMA

ESTIMACIÓN DE CARBONO FIJADO EN EL BOSQUE PRIMARIO DE LA COMUNIDAD KICHWA PASU URKU, PARROQUIA AHUANO, CANTÓN TENA, PROVINCIA NAPO

AUTORES

GREFA ALVARADO ESTALIN LUIS

TAIPE HERRERA JAEL SAMANTHA

DIRECTOR

Dr. RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS PhD

PASTAZA-ECUADOR

2020

DECLARATORIA DE AUTORIA Y CESION DE DERECHOS

Quienes suscriben Grefa Alvarado Estalin Luis y Taipe Herrera Jael Samantha con CI. 1500944168 y 1726744038, respectivamente, hacen constar que son autores del Proyecto de Investigación titulado: "Estimación de carbono fijado en el bosque primario de la comunidad Kichwa Pasu Urku, parroquia Ahuano, cantón Tena, provincia Napo", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. C. Ricardo Vinicio Abril Saltos. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 28 días del mes de agosto del 2020.



Grefa Alvarado Estalin Luis
CI. 1500944168



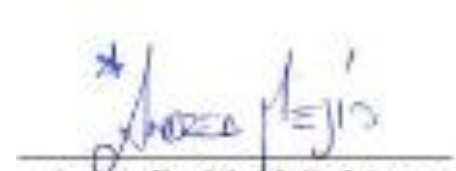
Taipe Herrera Jael Samantha
CI. 1726744038

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

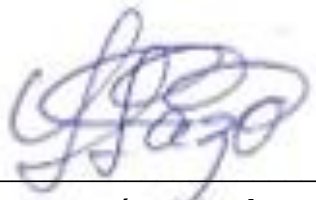
El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular, titulado: "Estimación de carbono fijado en el bosque primario de la comunidad kichwa Pasu Urku, parroquia Ahuano, cantón Tena, provincia Napo"



Pedro Damian Rios Guayasamin
Presidente del Tribunal



Andrea Daniela Mejia López
Miembro del Tribunal



Lazo Pérez Yamila
Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD EN EL SISTEMA ANTI-PLAGIO

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Oficio No. 314-SAU-UEA-2020

Puyo, 8 de octubre de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a los egresados TAIPE HERRERA JAEL SAMANTHA con C.I. 1726744038 y CRIOLLO ALVARADO ESTALIN LUIS con C.I. 1500944168, con el Tema: **"ESTIMACIÓN DE CARBONO FIJADO EN UN AREA DEL BOSQUE PRIMARIO DE LA COMUNIDAD KICHWA PASO URKU, PARROQUIA AHUANO, CANTÓN TENA, PROVINCIA NAPO"**, de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director del proyecto Ing. Abril Saltos Ricardo Vinicio, M.Sc., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2%, informe generado con fecha 27 de agosto de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por bendecirme con la salud y vida, por ser el pilar fundamental en los momentos más difíciles y que ha impulsado a ser una persona de bien, con principios y valores que me servirán en mi vida profesional.

A mis padres por ser el mentor, soporte, comprensión de día a día, quienes me han apoyado con el amor incondicional en estos años.

Además doy gracias a mis familiares quienes han apoyado con sus valiosos tiempos en el proceso de levantamiento de información en mi área de estudio la cual me sirvió para lograr mi objetivo.

De igual forma doy gracias a mi hermana Marcia Grefa, quien me ha brindado su apoyo moral y económico cunado más lo necesitada.

Un agradecimiento especial para mi tutor de proyecto de investigación al Dr. Ricardo Abril, por prestar su tiempo para poder realizar esta investigación con su asesoramiento y orientación.

Finalmente una infinita agradeciendo a la Universidad Estatal Amazónica por acogerme y brindarme una excelente educación y a los profesores que me engrandecieron con sus conocimientos durante toda la formación profesional.

Estalin Grefa

Llegar al final del camino es la mejor recompensa para el andante, pero el trayecto, los momentos vividos y las personas conocidas, es la mejor recompensa para el corazón.

Dicho esto, agradezco infinitamente a mis padres "Edison Taipe y Rosa Herrera" por ser el ejemplo a seguir de superación, humanidad y perseverancia. Por la confianza brindada, el apoyo y las fuerzas que me motivaban a diario, por creer en mí y estar a mi lado a pesar de la distancia.

Agradezco a mi familia y parientes, por el apoyo moral, intelectual y económico, por el apoyo en el trabajo de campo de este proyecto, por los ánimos y los regaños que me permitió llegar hasta el final.

Agradezco a mi novio, por la paciencia, la dedicación, el coraje y el entusiasmo que tiene cada día, motivándome a seguir. Por convertirnos en un gran equipo con quien he luchado y competido académicamente, con el único propósito de ser profesionales y poder ejercer nuestra carrera.

Agradezco a mis profesores, por sus conocimientos, por su puntualidad, por su amistad sincera y la calidez de sus palabras a la hora de enseñar. En especial al Ing. Xavier Carvajal y al Dr. Ricardo Abril, por haber creído en este proyecto, brindado su tiempo y experiencia intelectual.

Agradezco a la Universidad Estatal Amazónica, por ser mi segundo hogar, por abrirme las puertas y ser parte de su alumnado, por entregarme a los mejores maestros que me han motivado a lograr nuevos proyectos, y crear una sociedad justa y equilibrada con el medio ambiente. Por permitirme desarrollar y lograr mis objetivos académicos y profesionales.

Samantha Taipe

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedico a mis padres "Luis Grefa y Olivia Alvarado" quienes han estado presentes y pendientes de mi salud, bienestar y educación, siendo ellos los pilares fundamentales para la terminación de mi carrera.

De igual forma a mi hermana Marcia Grefa quien ha estado en los buenos y malos momentos, la cual nunca me negó su apoyo incondicional para alcanzar mi objetivo planteado.

A mi novia quien a lo largo de mi estudio me ha brindado su apoyo incondicional en los momentos más difíciles, con su motivación, consejos, colaborando en las actividades diarias y más aún hacerme fuerte sin importar en que situación me encuentre.

Por ultimo a la Universidad Estatal Amazónica, a las autoridades y docentes quienes han acogido en estos 5 años de estudio en sus instalaciones, con profesores de calidad que fueron mentores de generar conocimiento y experiencias. Dado que me siento feliz por haber pertenecido a la familia universitaria, ya que he generado una persona con ética y moral para servir a la comunidad.

Estalin Grefa

Este proyecto de investigación se lo dedico a mi madre "Rosa Herrera", quien por su sabiduría, capacidad pedagógica y paciencia, me ha motivado a dar lo mejor, no rendirme y buscar alternativas que me sirvan en mi campo profesional. Que aparte de ser madre, es mi ejemplo a seguir como mujer. Una mujer luchadora, amorosa y solidaria, que desarrollo en mi la capacidad para luchar en contra de los estereotipos sobre las mujeres profesionales, motivándome al trabajo social y comunitario en temas índoles a mi carrera.

También dedico este proyecto a mi padre "Edison Taipe", quien por su esfuerzo, experiencia laboral y apoyo incondicional, me motivó a seguir esta carrera universitaria, y retarme intelectual y personalmente en otra ciudad.

Samantha Taipe

Resumen

La investigación se realizó con el propósito de estimar el carbono almacenado en el bosque primario de la comunidad Kichwa Pasu Urku, para establecer una estrategia de conservación. En ella se evaluaron todos los individuos con $DAP_{1,30} \geq 10$ cm dentro de 0.1 ha con 10 trasectos temporales de 100 m2 (50m x 2m), además se registró la altura total, forma de la copa, presencia de lianas y calidad del fuste. Fueron inventariados 347 individuos, 57 especies y 30 familias. Entre las familias más diversas están Arecaceae, Meliaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae, Moraceae y Lauraceae (3 especies). La especies con mayor importancia ecológica fue *Iriartea deltoidea* (Arecaceae) con IVI de 17.80 %. Con estratos: emergente, dominante y suprimido de acuerdo a la iluminación de la copa. Los índices de diversidad arrojaron: D_{Mg}= 9.57 y λ= 0.91, considerándose un bosque con diversidad más alta con solo un individuo por m2. La biomasa aérea total fue de 2097.50 t/ha y el carbono almacenado de 1027.81 tC/ha, considerando a la especies *Terminalia amazonia* y *Ocotea quixos* con mayor secuestro de C por su área basal. El bosque en estudio captura un total de 3772.08 tco2/ha.

Palabras claves: *Pasu Urku, diversidad florística, bosque de transición, Terminalia amazonia*

Abstract

The research was carried out with the purpose of estimating the carbon stored in the primary forest of the Kichwa Pasu Urku community, in order to establish a conservation strategy. All individuals with $DAP_{1.30} \geq 10$ cm within 0.1 ha with 10 temporary transects of 100 m2 (50m x 2m) were evaluated. In addition, total height, crown shape, presence of lianas and shaft quality were recorded. A total of 347 individuals, 57 species and 30 families were inventoried. Among the most diverse families are Arecaceae, Meliaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae, Moraceae and Lauraceae (3 species). The species with the greatest ecological importance was *Iriartea deltoidea* (Arecaceae) with an IVI of 17.80 %. With strata: emergent, dominant and suppressed according to the canopy illumination, being considered a forest of gradual transition. The diversity indexes were: DMg= 9.57 and λ= 0.91, being considered a forest with higher diversity with only one individual per m2. The total aerial biomass was 2097.50 t/ha and the stored carbon was 1027.81 tC/ha, considering the *Terminalia amazonia* and *Ocotea quixos* species with the highest C sequestration by their basal area. The forest under study captures a total of 3772.08 tCO2/ha.

Keywords: Pasu Urku, floristic diversity, transition forest, *Terminalia amazonia*

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I 1
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Planteamiento del problema 1
1.2. Objetivos 2
1.2.1. General 2
1.2.2. Específicos 2
1.3. Justificación 2
CAPITULO II 4
2. FUNDAMENTACIÓN TEORICA 4
2.1. Biomasa 4
2.2. Carbono 4
2.2.1. Ciclo del carbono 4
2.2.2. Reservorios de carbono 4
2.3. Almacenamiento de carbono en bosques tropicales 5
2.4. Dinámica de los bosques 5
2.4.1. Composición florística 6
2.4.2. Índice de Valor de Importancia (IVI) 6
2.5. Diversidad de especies 6
2.5.1. Diversidad Alfa 6
2.6. Métodos para la estimación de la biomasa forestal 7
2.6.1. Método indirecto 7
2.6.2. Modelos alométricos 7
2.6.3. Factor de forma 7
2.6.4. Fracción de carbono 7
2.6.5. Factor de expansión de biomasa (FEB) 7
2.7. Situación actual: dióxido de carbono y cambio climático 8
2.7.1. Mecanismo de mitigación del cambio climático REDD+ 8

CAPITULO III 9
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 9
3.1. Localización 9
3.2. Tipo de investigación 9
3.3. Métodos de investigación 10
3.3.1. Materiales 10
3.3.2. Delimitación del área de estudio 10
3.3.3. Fase de campo 11
3.3.4. Fase de análisis de datos 13
CAPITULO IX 17
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 17
4.1. Estructura del bosque 17
4.1.1. Composición florística 17
4.1.2. Estructura horizontal – Índice de Valor de Importancia (IVI) 21
4.1.3. Estructura vertical 23
4.2. Diversidad de especies 25
4.2.1. Medición de Diversidad Alfa 25
4.3. Cálculos para la estimación de carbono 27
4.3.1. Estimación de la Biomasa aérea y Carbono almacenado 27
4.3.2. Estimación del CO_2 capturado 30
4.4. Diseño de la propuesta 31
4.4.1. Introducción 31
4.4.2. Objetivos 32
4.4.3. Metodología 32
4.4.4. Resultados esperados del Proyecto 33
4.4.5. Presupuesto 35
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 37
5.1. Conclusiones 37

5.2. Recomendaciones 38
6. REFERENCIAS 39
7. APENDICE 48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de reservorios 5
Tabla 2 Lista de materiales e instrumentos para el inventario forestal 10
Tabla 3 Categorización de la calidad del fuste, forma de la copa e infestación de trepadoras 12
Tabla 4 Especies existentes por familia 17
Tabla 5 Especies más representativas identificadas en el Índice de Valor de Importancia (IVI) 22
Tabla 6 Forma de la copa de los árboles por estrato 24
Tabla 7 Biomasa aérea total y Carbono almacenado en el área de estudio 27
Tabla 8 Presupuesto para la realización del Proyecto Socio Bosque 35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de la comunidad Kichwa Pasu Urku. 9
Figura 2: Principio trigonométrico de medición de altura de árboles. 11
Figura 3: Uso del clinómetro artesanal de papel para la medición de altura. 11
Figura 4: Clasificación de árboles en función de las clases de copas. 14
Figura 5: Familias con mayor número de reportes de individuos y especies. 20
Figura 6: Familias con menor número de reportes de individuos y especies. 21
Figura 7: Familias con mayor Índice de Valor de Importancia Familiar 21

Figura 8: Diferencia entre especies con mayor IVI y especies más dominantes 23

Figura 9: Distribución de la riqueza especifica – Índice de diversidad de Margaleft 26

Figura 10: Distribución de la estructura – índice de Simpson 26

Figura 11: Biomasa aérea total, Carbono almacenado y CO2 capturado por familia 28

Figura 12: Ubicación de la finca del Sr. Grefa Aguinda, en la comunidad Kichwa Pasu Urku. 33

Figura 13: Modelo de Sistema Agroforestal Chacra. 35

LISTA DE APÉNDICE

Tabla A 1 Análisis de datos por familia 48

Tabla A 2 Análisis de datos por especies 50

Tabla A 3 Matriz de Marco Lógico 53

Tabla A 4 Temáticas de la mesa de trabajo sobre Educación ambiental 54

Tabla A 5 Criterios de selección para cobertura boscosa y otras formaciones vegetales nativas 55

Tabla A 6 Estructura del Incentivo y el Mecanismo de Transferencia 56

Tabla A 7 Temáticas de talleres para la aplicación de Sistemas Agroforestales Chacras ... 57

A 8 Fotografías de la fase de campo del proyecto de investigación 58

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El Ecuador continental posee una superficie de bosque nativo de 12´753,387 hectáreas, donde se autoriza anualmente el aprovechamiento forestal promedio de 3'101,409 m3 de madera de los cuales 2'411,271 m3 corresponden a bosques nativos (MAE, 2016). Al monitorear este aprovechamiento a nivel nacional, los mapas de cobertura y uso de tierra arrojan los siguientes resultados referentes a la deforestación: al comparar entre los años (1999-2008) disminuye de 92,742 ha/año a 77,748 ha/año, pero en los años (2008-2016) aumenta de 47,497 ha/año a 61 112 ha/año (MAE, 2017). En la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) continúa libre el acceso para la extracción y transporte de materia prima, esto ocurre por el crecimiento de la economía de recursos extractivos con beneficios a corto plazo, introduciéndose forzosamente a poblaciones indígenas por medio de la fijación de líneas de colonización que facilitan la explotación forestal y producción agropecuaria no sostenible (López *et al*., 2019).

El Consejo de Desarrollo de las Nacionalidades y Pueblos del Ecuador - CODENPE (2013), mediante la reforma del estatuto con Oficio Nº 670-DCAL, atribuye al Consejo de Gobierno Comunitario de la Comunidad Kichwa Pasu Urku, según el Art.-18, literal c) "Administrar con responsabilidad los recursos naturales renovables existentes dentro del territorio comunal y regular su uso, manejo y aprovechamiento racional; de esa forma prevenir la deforestación". Una vez descrito esto, la población que trabaja y vive de la agricultura, obteniendo productos como: cacao, café, guayusa, yuca, plátano, maíz, etc., buscan nuevos ingresos para sus familias, por ende miembros de la comunidad han permitido el ingreso de traficantes que se dedican al negocio de la compra-venta de madera fina como la balsa (*Ochroma pyramidale*) existente en el lugar, dejando de lado las leyes que penalizan este delito, suscritos en (COA, 2017; COIP, 2017; Constitución del Ecuador, 2008), generando problemas en la vulnerabilidad de la riqueza forestal.

Estas actividades ocurren por el desconocimiento de los beneficios que puede brindar los bosques primarios a la comunidad al fijar dióxido de carbono (CO_2), mismo que se pierde durante la deforestación que a largo plazo traerá como consecuencia un desequilibrio atmosférico con el incremento de gases de efecto invernadero (Burbano, 2018). Porque la fijación de carbono en los bosques por medio de procesos naturales como la fotosíntesis y

la respiración evita cambios en el clima como la disminución de calidad de aire, un bajo caudal en ríos, perdida de especies faunísticas y florísticas, degradación paisajística, erosión del suelo y perdida de nutrientes (Patiño *et al*., 2018).

De acuerdo a la problemática existente, se plantea lo siguiente: Al estimar el carbono fijado, se podrá aportar a la conservación de los bosques primarios amazónicos en la comunidad Kichwa Pasu Urku, ya que se puede ingresar dentro de los planes estratégicos de preservación y mitigación del cambio climático (Vicuña *et al*., 2018).

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Estimar la cantidad de carbono fijado en el bosque primario de la comunidad Kichwa Pasu Urku, parroquia Ahuano, cantón Tena, provincia Napo.

1.2.2. Específicos

- Determinar la estructura horizontal y el almacenamiento de carbono del bosque primario.
- Determinar la diversidad de especies en el bosque primario por medio del índice de diversidad alfa.
- Proponer una estrategia de oportunidad económica a través de la participación en el Proyecto Socio Bosque.

1.3. Justificación

El cambio climático representa una preocupación mundial por el rápido incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) resultante de la incineración de combustibles fósiles y el cambio de uso de suelo (Gutiérrez & Flores, 2018). Donde la temperatura global, que naturalmente fluctúan por encima y debajo de 1.5º C, aumentará a elevadas temperaturas extremas llegando alcanzar a 2º C a lo largo del tiempo (IPCC, 2018). En relación a los futuros cambios de temperatura, se está adoptando opciones para mitigar el cambio climático (IPCC, 2020), como aquellos mecanismos que disminuyen los efectos por medio de la captura de dióxido de carbono (CO_2) en la biomasa vegetal (López *et al.*, 2018) y el almacenamiento de carbono con mayores índices como se muestra en los bosques del bioma amazónico, logrando almacenar 166,256.61 MtC equivalentes al 56.2 % de carbono de los bosques de todo el mundo, ubicando a Ecuador con un valor de 2,944 de MtC en Latinoamérica (Prüssmann *et al*., 2017), sin embargo el carbono almacenado (41,991 MtC) en la Amazonía resguardada por los Pueblos Indígenas y Comunidades Locales (PICL) se ve amenazado por la degradación y deforestación, alcanzando hasta un 75 % de perdidas

(500 millones tC) (Walker *et al.*, 2020). Bajo este contexto el Ministerio del Ambiente del Ecuador adopta el programa de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+) como mecanismo de oportunidad social y económica a través de la conservación y manejo sostenible de los bosques, y sus reservas de carbono por medio del financiamiento del Fondo REDD Early Movers (REM) dentro de la estrategia de Sistemas productivos sostenibles en territorios de comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas (MAE, 2016; 2018).

La presente investigación se enfocará en estimar el carbono fijado en el bosque primario ubicado en el ecosistema: bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes (MAE, 2013b), al norte de la región amazónica de la comunidad kichwa Pasu Urku de la provincia de Napo, lugar rico en biodiversidad con presencia de árboles emergentes. El territorio presenta bosques nativos no perturbados, sin embargo en la actualidad pese a su importancia, este ecosistema forestal se encuentra amenazado, debido a las altas tasas de deforestación, degradación y el avance de actividades agropecuarias. Por lo tanto la investigación permitirá generar información técnica-científica sobre la cantidad de carbono fijado en ecosistemas forestales, siendo un tema relevante para disminuir la tasa de deforestación, conservar las cuencas hídricas, mantenimiento de suelos, preservando flora y fauna, así como su belleza escénica, entre otros aspectos.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

2.1.Biomasa

La biomasa es la cantidad de materia orgánica acumulada en un individuo o dentro de un ecosistema, como ejemplo las plantas fijan el carbono y lo almacenan como biomasa por largo tiempo, dependiendo de la relación planta/suelo y la composición orgánica del carbono. Los contenidos de biomasa incluye la materia orgánica viva encima y debajo del suelo, la hojarasca y la madera muerta (Aguirre *et al*., 2015).

2.2.Carbono

El carbono es uno de los elementos más importantes de los seres vivos, presente en toda la materia del planeta. Se encuentra como dióxido de carbono (CO_2) circulando entre los océanos, la atmosfera y en los combustibles fósiles bajo superficie terrestre (De Erice & González, 2012), creando reservorios de carbono mediante procesos de orden químico, biológico y físico, aguardando hasta el intercambio entre el reservorio terrestre y el atmosférico (Orjuela, 2018).

2.2.1. Ciclo del carbono

El ciclo del carbono es el movimiento mundial de la materia entre el ambiente abiótico (atmosfera y el océano) y los organismos presentes de un ecosistema a otro. Durante el proceso de la fotosíntesis, las plantas, algas y cianobacterias retiran el CO_2 del aire y lo incorporan como glucosa que es utilizado durante la cadena alimenticia. Y mediante el proceso de la respiración celular se devuelve el CO_2 a la atmosfera. No siempre el carbono es devuelto en su totalidad, este se almacena durante varios cientos de años en los bosques, que el tiempo lo sepultará y lo acumulará como combustibles fósiles (Solomon & Berg, 2013).

2.2.2. Reservorios de carbono

El carbono almacenado se encuentra distribuido en reservorios como: los océanos, las reservas geológicas y los sistemas terrestres, realizando intercambios dinámicos de carbono con la atmosfera, como por ejemplo el almacenamiento de carbono en la biomasa forestal, si la cantidad de carbono que ingresa al reservorio (Ver Tabla 1) es mayor a la que sale de ellos, serán considerados sumideros por su capacidad de absorber GEI (FEMP, 2009).

Tabla 1

Tipos de reservorios

Tipos de reservorios de carbono en un ecosistema forestal	
Carbono en vegetación	Sumatoria de contenido en biomasa aérea (tronco, hojas, ramas y follaje) y el carbón contenido en raíces
Carbono en descomposición	Comprende el carbón contenido en la materia orgánica en descomposición. Se origina cuando la biomasa aérea se deposita en el suelo
Carbono en el suelo	Carbono almacenado en capas, compuesto por organismo vegetal depositado y compactado, que se incrementa continuamente encima del suelo forestal

Adaptado de "Captura de carbono ante el cambio climático" de Benjamín, J. A., & Masera, O. (2001). Madera y Bosque. Instituto de Ecología., Vol. 7.

2.3. Almacenamiento de carbono en bosques tropicales

Los bosques tropicales contienen grandes reservorios de carbono. El CO_2 se almacena como carbono en componentes a modo de hojas, ramas, fuste, raíces, hojarasca, madera muerta y materia orgánica del suelo denominados stock de carbono, expresado en t ha^{-1}. Su acumulación se produce por medio de flujos como la fotosíntesis, respiración celular, mortalidad y descomposición, que permiten el ingreso y salida de carbono en los componentes, medido en el tiempo en t ha^{-1} $año^{-1}$ (Honorio & Baker, 2010), representando cerca del 59 % del carbono total acumulado en los ecosistemas boscosos del mundo (Quiceno *et al.*, 2016). Diversas investigaciones señalan que por cada tonelada de biomasa presente en el bosque, la mitad corresponde a carbono, con variaciones dependiendo las especies (Chávez *et al*., 2016). Por lo tanto los bosques representan un papel importante en el ciclo de carbono, debido a que la vegetación almacena 560 GtC de los cuales los bosques acumulan el 77 %, de este total el 60 % es secuestrado en bosques tropicales y 17 % en bosques templados (Paz *et al.*, 2018).

2.4. Dinámica de los bosques

Para comprender la dinámica de un bosque virgen, es necesario interpretar el proceso de desarrollo natural al analizar los cambios en la estructura encontradas en las parcelas establecidas (Schmidt, 1977), mediante la caracterización de la riqueza, abundancia, área basal, forma de la copa, presencia de bejucos, y tasas de mortalidad y reclutamiento (Uslar *et al*., 2004), demostrando diferentes comportamientos de adaptación y regeneración de

acuerdo a la estructura de cada territorio (suelo, precipitaciones y luz solar) (Donoso *et al*., 1984). Sin embargo la dinámica del bosque puede verse modificada en la distribución, composición y estructura por el crecimiento agrícola-ganadero, el aumento regional de las precipitaciones y la introducción de especies exóticas o invasoras (Grau *et al*., 2010).

2.4.1. Composición florística

La composición florística es la suma de las especies registradas en las unidades de muestreo, proporcionado por la heterogeneidad de las plantas al momento de identificar en qué tipo de categoría de vegetación se encuentra, demostrando la riqueza de especies existentes (Aguirre, 2013), también forma parte de la estructura del bosque al instante de conocer la dinámica de la formación vegetal, que conjuntamente con la riqueza específica, los individuos analizados y sus atributos se interpreta el índice de valor de importancia (IVI) (Cámara *et al*., 2013).

2.4.2. Índice de Valor de Importancia (IVI)

El Índice de valor de Importancia, muestra la composición florística de forma conjunta mediante la importancia que presenta cada especie, cuyo resultado es la suma de la Abundancia, Dominancia y Frecuencia de cada especie (Acosta *et al*., 2006), de la misma forma también existe una formula reducida de IVI, donde sólo se suma la densidad relativa más dominancia relativa (Neill *et al.*, 1993), además de utiliza la fórmula completa para conocer la composición florística a nivel familiar, conocido como Índice de Valor de Importancia Familiar (Calzadilla & Cayola, 2006).

2.5. Diversidad de especies

2.5.1. Diversidad Alfa

Es la riqueza de especies de una comunidad/habitad/sitio en particular, expresado a través del índice de riqueza de una zona. Su modo de medir esta dado en: conjunto de especies, grupos taxonómicos y por estratos (Aguirre, 2013). Según Moreno (2001) clasifica a la diversidad alfa en dos grupos: métodos basados en la cuantificación de riqueza específica y métodos basados en la estructura de la comunidad.

- **Clasificación de riqueza específica**: índice de Riqueza de especies, Margaleft, Menhinick y Williams.
- **Clasificación en la medición de estructura:**
  - **Modelos paramétricos:** series geométricas, logarítmica, distribución log-normal y modelo de vara quebrada.

- **Modelos no paramétricos:** (Chao 1 y estadístico Q), Índice de dominancia Simpson e índice de equidad Shannon-Wiener.

2.6.Métodos para la estimación de la biomasa forestal

2.6.1. Método indirecto

Para aplicar este método, no se debe considerar la extracción completa del árbol, como lo determina el método directo. De acuerdo a las interpretaciones de Calderón y Lozada (2010); Torres *et al*., (2017), determinan que este método consiste en tomar los datos dasométricos del árbol (DAP, altura total, densidad de la madera), para luego basarse en ecuaciones alométricas para estimar la biomasa.

2.6.2. Modelos alométricos

Los modelos alométricos, son modelos matemáticos establecidos para hallar el grado de relación entre una variable dependiente e independiente y alguna biomasa derivada de la biomasa. Para obtener las variables independientes se utilizan los métodos directo e indirecto, antes mencionados (Torres *et al*., 2017).

2.6.3. Factor de forma

Es el factor de reducción que sirve para el cálculo del volumen de un árbol para un adecuado procesamiento de datos de un inventario forestal, ya que en el terreno se toman medidas directas, como el diámetro a la altura del pecho (DAP), así como indirectas, tal es el caso de la altura del tronco. Los factores de forma pueden varían de acuerdo a las características fenotípicas de los arboles siendo estas características, parte de los factores que permite clasificarlos en grupos botánicos (Ojeda, 1983),

2.6.4. Fracción de carbono

Es una estimación de carbono almacenado en la biomasa forestal a través reconocimientos de especies vegetales, órganos o componentes de las plantas y formas de vida (Sione *et al*., 2019). Para la evaluación, el Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (2006), proporciona diferentes valores de la fracción de C según el tipo de especies arbóreas basando en análisis químicos de muestra, siendo 0.47 para especies tropicales y subtropicales, y 0.48 a 0.51 para especies de hoja ancha y coníferas en bosques templados.

2.6.5. Factor de expansión de biomasa (FEB)

De acuerdo a la Guía para determinar el carbón en pequeñas propiedades rurales de Tito *et al*., (2012), el método indirecto utiliza el factor de expansión para poder relacionar dimensiones básicas en campo con características de interés mediante ecuaciones provenientes de una análisis de regresión. Pero para la investigación realizada por Quiceno

et al., (2016), utilizan el FEB para relacionar la biomasa aérea total del árbol entre la biomasa fustal a partir de volúmenes inventariados en una hectárea, de forma fácil a la hora de inventariar datos forestales.

2.7. Situación actual: dióxido de carbono y cambio climático

Los bosques tropicales juegan un papel importante en la mitigación del cambio climático, ya que estos regulan las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) en la atmosfera, mediante su captura, almacenamiento, y fijación en la biomasa y el suelo. Por lo tanto los bosques maduros tienen gran capacidad de mitigar el aumento del CO_2, debido al incremento de las actividades antropogénicas contaminantes en las últimas décadas (Chinchilla *et al*., 2019).

2.7.1. Mecanismo de mitigación del cambio climático REDD+

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), en base a los compromisos de aplicación y participación del país en el Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, establece la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) que trabajará con dos líneas estratégicas: adaptación y mitigación del cambio climático (MAE, 2012). Para noviembre, MAE (2016) acorde al objetivo: Mitigación del cambio climático, expide el Plan de Acción de REDD+: Bosques del buen vivir, como componente esencial de la ENCC para la reducción de la deforestación, mitigación del cambio climático y degradación de bosques por medio del impulso de actividades de conservación y recuperación de bosques y sus reservas de carbono; considerando a la región amazónica con mayor hectáreas de bosque (64% a nivel nacional) en territorios indígenas, con más del 25% de áreas para la conservación de bosque con la capacidad de absorber el carbono de la atmósfera, y almacenarlo en la biomasa y los suelos.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El área de estudio se realizó en el Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, junto al Parque Nacional Sumaco-Napo-Galeras (MAE, 2013b), de la comunidad Kichwa Pasu Urku, que posee una extensión de 1407.76 ha, con una altitud entre los 400 y 1200 msnm. De acuerdo a la estación climatológica INAMHI-MB93, Tena registra una temperatura que oscila entre los 16.2 a 27.9 º C, con precipitaciones que alcanzan a 2733.7 mm/año y humedad media de 84 % (PDOT-Tena, 2014). Para su acceso, se puede ingresar por dos sectores: por la parroquia Misahualli y la parroquia Ahuano, sin embargo el acceso principal a la comunidad se lo realiza por la parroquia Misahualli, comunidad Tamia Urku a dos horas y media del Cantón Tena (Ver *Figura 1*).

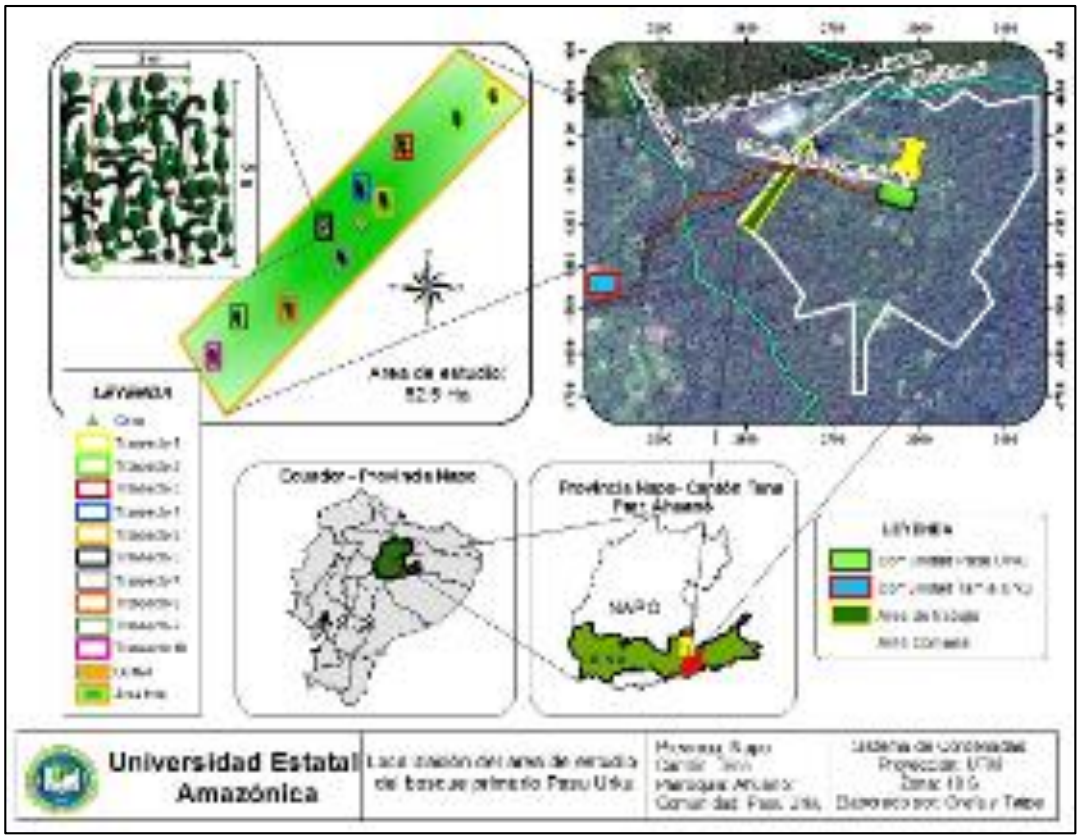


Figura 1: Ubicación geográfica de la comunidad Kichwa Pasu Urku.

3.2. Tipo de investigación

La investigación se direccionó en la línea estratégica: Ecosistemas, biodiversidad y conservación de especies. Es una investigación de tipo descriptiva con enfoque mixto por medio de la recopilación de información cualitativa y cuantitativa de los principales aspectos

del área de estudio, de manera que permitió una descripción tecnificada de las composiciones florísticas, importancia en la capacidad de fijación de carbono y la conservación de la biodiversidad. Además, la investigación tuvo un alcance exploratorio, debido a que en el lugar de estudio no posee información detallada, por lo tanto, permitió indagar y obtener características representativas del lugar.

3.3. Métodos de investigación

El presente proyecto siguió un método inductivo que inició con la delimitación del área de estudio y luego se trabajó en dos fases: fase de campo y fase de análisis de datos.

3.3.1. Materiales

Tabla 2

Lista de materiales e instrumentos para el inventario forestal

Materiales	Instrumentos
Dos cintas métricas: 50 m y 5 m Cuatro machetes Estacas de madera (conseguidas en campo) Piola roja Spray rojo Libreta de campo, lápiz, esfero	Receptor GPS-Garmin Instrumento artesanal: clinómetro (graduador –péndulo) Calculadora Cámara digital

3.3.2. Delimitación del área de estudio

El área de estudio se ubicó en la comunidad Kichwa Pasu Urku, en la propiedad del Sr. Luis Manuel Grefa Aguinda que cuenta con una extensión de 52.5 ha, de los cuales 50 ha es de bosque primario y 2.5 ha aproximadamente es utilizado para cultivos de cacao, caña de azúcar, yuca, plátano y chonta.

En la zona de investigación, predomina el estrato arbóreo con árboles emergentes que llegan a más de 40 m de altura sobre un terreno con colinas altas y medias de crestas agudas y redondeadas con pendientes mayores a 60 % sobre areniscas y grietas de difícil acceso que se extienden hasta el Área Protegida. Sus suelos son franco-limosos con un drenaje bueno constituido por sedimentos cretácicos (MAE, 2013b).

El diseño de muestreo empleado se basó en el método "décima de una hectárea" propuesta por (Ver *Figura 1*) Gentry (1995), estableciendo 10 unidades muéstrales rectangulares o transectos de tamaño (50 m x 2 m), distribuidas con ayuda de una brújula en dirección al norte de manera aleatoria simple tratando de abarcar las propiedades ecológicas y geológicas, la misma que cubrirá 0.1 ha de superficie.

3.3.3. Fase de campo

3.3.3.1. Establecimiento de transectos y georreferenciación.

Se marcó 10 transectos temporales, para mayor visibilidad se utilizó piola roja para identificarlas con estacas en cada vértice para mejor estabilidad. Los árboles fueron marcados con spray y georreferenciados con el GPS de acuerdo al número de transecto que corresponda, por ejemplo: transecto 1-árbol 1 (T1A1).

3.3.3.2. Recolección de datos.

Con ayuda de una cinta diamétrica se seleccionó los individuos que cumplen con un DAP ≥ 10 cm a 1.30 m desde la base del suelo, basado en la guía de (Camacho, 2000). Para la medición de la altura total del árbol, se estimó basándose en principios trigonométricos (Ver *Figura 2*) (Quispe, 2018), mediante el uso de un clinómetro artesanal de papel (Ver *Figura 3*) (Rügnitz *et al*., 2012), se construyó otro mediante el uso de un graduador de madera y un péndulo.

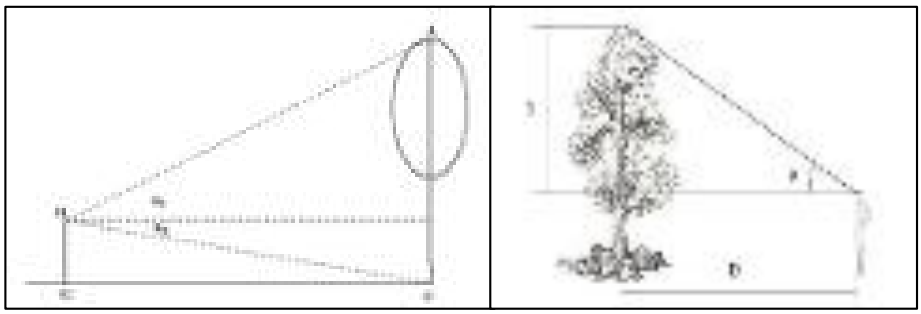


Figura 2: Principio trigonométrico de medición de altura de árboles. La altura a partir de distancias y ángulos determinados en campo. Tomado de "Informe 4 – Medición de altura" por Quispe, A. (2018). Universidad Nacional Agraria La Molina, pág. 4; y "Guía para determinar el carbón en pequeñas propiedades rurales" de Rügnitz, M., Chacón, M., & Porro, R. (2012), World Agroforestry Centre, pág. 26 y 79.

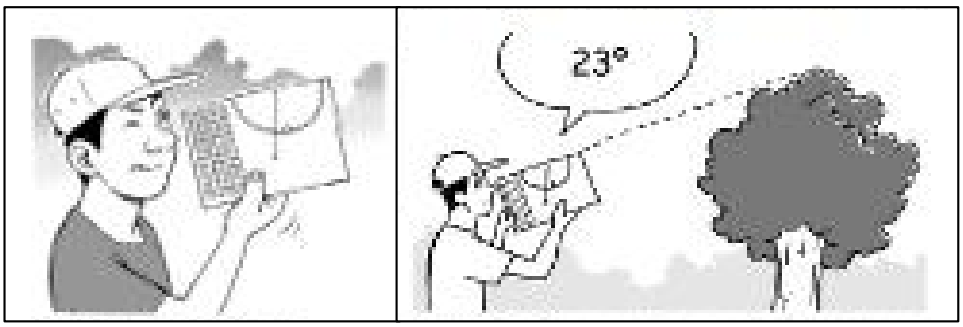


Figura 3: Uso del clinómetro artesanal de papel para la medición de altura. Observación y medición del ángulo desde ápice del árbol al ojo de la persona. Adaptado de "Guía para determinar el carbón en pequeñas propiedades rurales" de Rügnitz, M., Chacón, M., & Porro, R. (2012), World Agroforestry Centre, pág. 26 y 79.

Principio Trigonométrico: Formula tomada y modificada de Rügnitz *et al*., (2012).

$$H = \tan(\alpha) * D * hpersona$$ Ecuación 1

Donde:

H = Altura total, m

Tang (α) = tangente del ángulo, (º) desde el ápice del árbol al ojo de la persona.

D = distancia desde la base del árbol hasta la persona, m

h persona= altura de la persona, m

De acuerdo a las recomendaciones establecidas por Rügnitz *et al*., (2012), se recolectó muestras en reservorios acorde al tercer objetivo específico del presente proyecto y por ende sólo se obtuvo del reservorio de carbono: biomasa viva (arboles). Una vez seleccionado el reservorio, se registró de los individuos lo siguiente: nombre común, DAP y altura comercial y altura total; además se inspeccionó (Ver Tabla 3) la forma de la copa, infestación por trepadoras y calidad del fuste.

Tabla 3

Categorización de la calidad del fuste, forma de la copa e infestación de trepadoras

CALIDAD DEL FUSTE		
Clase	Código	Puntaje
Comercial actualmente	A	1
Comercial en el futuro	B	2
Comercial en el futuro pero con la base podrida (quemado)	C	3
Deformado	D	4
Dañado	E	5
Podrido	F	6
FORMA DE LA COPA		
Clase	Código	Puntaje
Copa vigorosa, circulo completo o irregular	A	1
Medio circulo	B	2
Menos de medio circulo	C	3
Sólo rebrote o sin copa	D	4
PRESENCIA DE LIANAS		
Clase	Código	Puntaje
Sin lianas visibles en el árbol	A	1
Lianas solamente en la copa o en el tronco	B	2
Lianas en el tronco y copa	C	3

Adaptado de "Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical" por Camacho, M. (2000). Guía para el establecimiento y medición. CATIE, Serie Técnica. Manual Técnico Nº42; "Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo" de Hutchinson, I. (1992). CATIE., Serie técnica. Informe Técnico No.204; y del "Manual de campo para el establecimiento y remedición de parcelas permanentes de muestreo forestal en el Parque Nacional Machalilla" de Hernández, L., & Reyna, C. (2016). Publicaciones ULEAM, Primera edición, 26-27.

3.3.3.3. Identificación de especies.

Para la identificación, el Sr. Grefa Aguinda, dueño de la finca y conocedor del territorio, aportó con los nombres comunes kichwas y el uso medicinal o maderable de la especie. Esta información más aquella que se incorporó por revisión de literatura, artículos, proyectos, etc y páginas online como "Tropicos", proporcionó un 95 % del reconocimiento taxonómico del inventario forestal.

3.3.4. Fase de análisis de datos

En esta fase, se trabajó mediante parámetros estructurales, índices de diversidad y modelos alométricos con las variables obtenidas en campo. Los datos fueron ingresados por medio de matrices en el programa "Microsorf Excel 2013", en el caso del análisis de diversidad de especies se utilizó el programa "Past 4.03".

3.3.4.1. Parámetros estructurales del bosque.

Área basal (AB): Dada en función al diámetro a la altura del pecho, la formula obtenida de Jumbo *et al.*, (2017).

$$AB = \frac{\pi}{4} \, x \, DAP^2 \qquad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

AB = área basal, m2

$\pi/4$ = constante 0.7854

DAP^2 = diámetro a la altura del pecho, m

Volumen o masa forestal: Para hallar el volumen del cilindro, debido a que el tronco no es un perfecto cilindro sino que tiene forma cónica, es por eso que se aplica el factor de corrección o factor de forma, cuyo valor depende de la especie (MINAM, 2015).

Ecuación 3

$$V = AB \, x \, A \, x \, fm$$

Donde:

V= volumen del árbol en pie, m3

G= área basal a la altura del pecho, m2

H= altura del tallo, puede ser comercial, del fuste o total, m

fm= factor de forma (promedio)

Índice de valor de Importancia (IVI): Formula obtenida de Neill *et al*., (1993)

$$IVI = DR + FR + DM$$

Ecuación 4

Donde:

DR = Densidad relativa

DR = $\frac{\#\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{\#\ total\ de\ individuos}\ x\ 100$

FR = Frecuencia relativa

FR = $\frac{\#\ de\ unidades\ de\ muestreo\ con\ la\ especie}{Sumatoria\ de\ las\ frecuencias\ de\ todas\ las\ especies}\ x\ 100$

DM = Dominancia relativa

DM = $\frac{AB}{Sumatoria\ de\ AB}\ x\ 100$

Índice de valor de Importancia Familiar (IVIF): Formula obtenida de Calzadilla y Cayola (2006).

$$IVIF = DRF + FRF + DMF$$ Ecuación 5

Donde:

DR = Densidad relativa

FR = Frecuencia relativa

DM = Dominancia relativa

Estructura vertical: De acuerdo a Mostacedo y Fredericksen (2000), se clasificó los árboles en función a las clases de copas (Ver *Figura 4*), relacionando con guía de Camacho (2000), para determinar la forma de la copa (Ver Tabla 3).

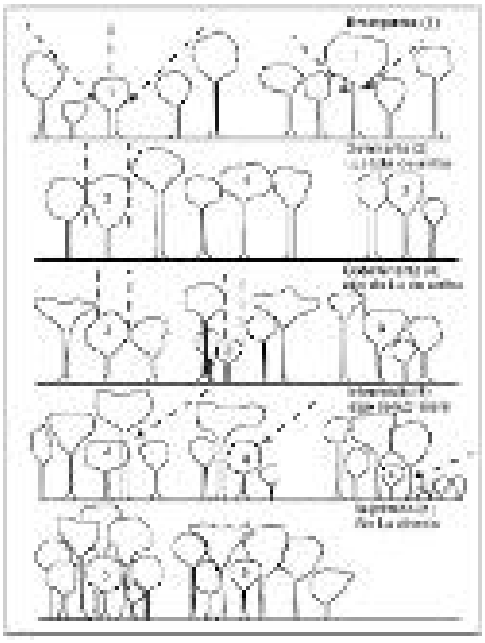


Figura 4: Clasificación de árboles en función de las clases de copas. Tomado de "Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal" de Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)*, 17-20; y de "Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical" por Camacho, M. (2000). Guía para el establecimiento y medición. CATIE, Serie Técnica. Manual Técnico Nº42.

El factor de forma, es una variable obtenida por revisión de literatura de acuerdo a la estructura del bosque.

Factor de forma (*f*): De acuerdo a Sánchez (2012), el valor arbitrario usualmente utilizado es de 0.5, dejando de lado los valores promedios no confiables.

3.3.4.2. Diversidad de especies

Para el cálculo de los parámetros ecológicos de diversidad alfa y beta se aplicó los siguientes índices, formulas obtenidas de (Moreno, 2000).

Riqueza especifica-Índice de diversidad de Margaleft: menciona, que un índice con valores inferiores a 2.00 denotan una baja riqueza de especies y por el contrario valores cercanos a 5.00 o superiores reflejan una riqueza de especies alta (Mora *et al*., 2017).

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N} \qquad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

S = Número de especies

N= Número total de individuos

Índice dominancia – Simpson: presenta intervalos de 0 a 1. Aguirre (2013), establece significancia, marcando en intervalos de 0 a 0.33 (diversidad baja), de 0.34 a 0.66 (diversidad media) y > 0.67 en adelante (diversidad alta).

$$\lambda = \sum p_i^2 \qquad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

p_i = Abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

3.3.4.3.Modelos alometricos

Biomasa aérea total por hectárea (BA): Formula obtenida de Brown (2002), para especies con DAP ≥ 10 cm.

$$BT = V\ x\ DP\ x\ FEB \qquad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

BT = Biomasa aérea total, t/ha

V = Sumatoria del volumen de todas las especies, m3/ha

DP = Densidad promedio, t/m3

FEB = Factor de expansión de biomasa, t/ha

Densidad promedio (DP): mediante la siguiente formula obtenida de Quiceno *et al*. (2016):

$$DP = \left(\frac{V\ especie}{V\ total\ de\ las\ especies}\ x\ Densidad\ de\ manera\ de\ cada\ especie \right)$$

Ecuación 9

Donde:

DP = Densidad promedio, t/m3

V= Volumen, m3

Carbono almacenado: Formula obtenida de (Jumbo *et al*., 2017)

$$C = B\ x\ Fc$$

Ecuación 10

Donde:

C = Carbono almacenado, t/ha

B = Biomasa, t/ha

Fc = fracción de carbono

CO2 capturado: Formula obtenida de (Rodríguez & Pratt, 1998)

$$CO_{2fijado} = C\ x\ \left(\frac{44}{12}\right)$$

Ecuación 11

Donde:

$CO_{2fijado}$ = Toneladas de dióxido de carbono fijado, t

C = Carbono almacenado, t/ha

$\left(\frac{44}{12}\right)$ = constante (relación entre el peso atómico del carbono y el peso molecular del dióxido de carbono).

Las siguientes variables fueron obtenidas por revisión de literatura de acuerdo a la estructura del bosque, por la limitación de uso del laboratorio y resultados más exactos:

Densidad de madera: se determinó para cada especie, por revisión de literatura.

Fracción de carbono (Fc): De acuerdo a (IPCC, 2006), el valor es de 0.49 para árboles con DAP ≥ 10 cm en bosque tropicales.

CAPITULO IX

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.Estructura del bosque

4.1.1. Composición florística

La composición florística en el área de estudio cubre una superficie de 1000 m2, la Tabla 4 muestra que en el total de transectos inventariados se encontró 347 individuos, 57 especies y 30 familias, donde se incluyen 7 especies sin reconocimiento taxonómico sólo con nombres tradicionales del lugar.

Tabla 4

Especies existentes por familia

Familia	Especie	Nombre común	Nº de Transectos										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Anacardiaceae	*Tapiria guianensis*	Umitic yura	0	0	1	1	0	0	0	0	3	0	5
Annonaceae	*Unonopsis floribunda*	Huasi caspi	0	1	3	2	2	1	0	0	0	0	9
	Xilopia sp.	Cara caspi	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Apocynaceae	*Aspidosperma myristicifolium*	Naranjo de monte	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
	Tabernaemontana sananho	Tsicta Yura	2	2	1	0	0	1	0	0	3	1	10
Araliaceae	*Dendropanax arboreus*	Urco Limón	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Arecaceae	*Geonoma brongniartii*	Chontillo	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	4
	Iriartea deltoidea	Pambil - Palma chonta	2	4	10	4	5	3	2	2	1	5	38
	Oenocarpus bataua	Shiwa - Ungurahua	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Boraginaceae	*Cordia ucayaliensis*	Sicu caspi yura	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Clusiaceae	*Chrysochlamys bracteolata*	Urcu yaku caspi	0	1	0	1	2	0	0	0	0	2	6
	Garcinia macrophylla	Pungara - Shora	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	3
Combretaceae	*Terminalia amazonia*	Yuyun - Yumbingue	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	4
Cyatheaceae	*Cyathea patens*	Helecho arborecente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Euphorbiaceae	*Alchornea glandulosa*	Punci yura - Punsi	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Aparisthmium cordatum	Cuilchi yura	0	1	2	1	2	1	1	0	4	3	15
	Caryodendron orinocense	Wachansu - Maní de árbol	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3
Fabaceae	*Andira spp*	Chontacaspi	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	Pterocarpus amazonum	Yaguarcaspi	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3
Lamiaceae	*Vitex cymosa*	Pechiche -Urcu chutu	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Lauraceae	*Aniba riparia*	Quillu ajua - Canelo amarillo	3	1	2	2	0	0	0	0	1	1	10
	Ocotea floribunda	Canelo negro	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Ocotea quixos	Canela del Oriente	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Lecythidaceae	*Grias neuberthi*	Piton	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	3
	Gustavia macarenensis	Paso de monte	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Malvaceae	*Herrania cuatrecasana*	Cacao de monte	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Sterculia apeibophylla	Zapote de monte	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3
Melastomastacea	*Miconia sp.*	Payasik - Flor de mayo	0	3	2	5	3	1	0	0	0	0	14
Meliaceae	*Cabralea canjerana*	Batea caspi - Batea	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3
	Cedrela odorata	Ciuru - Cedro	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Guarea guidonia	Tucuta yura - Manzano colorado	0	4	5	2	2	3	5	3	5	3	32
Mimosaceae	*Inga pavoniana*	Kachik yura - Uabilla	2	6	2	2	1	0	2	4	1	3	23
	Inga sp.	Pakay yura - Guaba	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Stryphnodendron sp.	Wuaranga - Guarango	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Monimiaceae	*Siparuna eriocalyx*	Malaria Panga - Hoja de malviento	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Moraceae	*Batocarpus costaricensis*	Sandi	0	2	0	1	1	0	0	1	0	0	5

	Batocarpus orinocensis	Sacha paparu - Frutipan silvestre	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	Ficus obtusifolia	Matapalo	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
Myristicaceae	*Otoba glycycarpa*	Sangre de Galllina	0	4	4	2	3	2	4	1	2	8	30
Myrtaceae	*Myrciaria floribunda*	Mulchi de monte	0	2	4	1	0	0	2	0	2	2	13
Phyllanthaceae	*Hyeronima alchorneoides*	Calum Calum-Motilón	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Piperaceae	*Piper aduncum*	Matíco	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Proteaceae	*Euplassa sp.*	Shigra caspi	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
Sapotaceae	*Chrysophyllum venezuelanense*	kalmito - Calmito	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3
	Pouteria baehniana	Abio	0	4	3	0	5	2	4	1	5	3	27
Solanaceae	*Brunfelsia grandiflora*	Chiriwayusa	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Theophrastaceae	*Clavija harlingii*	Matiri caspi	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3
Urticaceae	*Cecropia herithae*	Guarumo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Pourouma minor	Uvilla de Monte	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Violaceae	*Leonia crassa*	Tamia muyu	1	2	1	2	1	1	0	1	3	0	12
Indeterminada	Sp1	Palo de chonta	1	0	0	2	0	2	0	0	0	0	5
	Sp2	Papaño	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	7
	Sp3	Lluska muyu yura	0	1	3	0	0	5	0	0	0	1	10
	Sp4	Uchu caspi	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Sp5	Churu caspi	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	Sp6	Nina puruyura	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
	Sp7	Guango muyu	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	TOTAL		23	45	53	39	37	30	24	19	41	36	347

Las familias que presentan mayor número de individuos (ind) y especies (ssp.) por hectárea muestreada (Ver *Figura 5*), son: Arecaceae (43 ind, 3 ssp.), Meliaceae (36 ind, 3 ssp.), Myristicaceae (30 ind, 1 ssp.), Sapotaceae (30 ind, 2 ssp.), Mimosaceae (25 ind, 3 ssp.) y Euphorbiaceae (19 ind, 3 ssp.). Al comparar con el inventario de Maldonado (2016), realizado en el bosque húmedo tropical al nororiente de la amazonia ecuatoriana, se registra que sólo coincide con dos familias: Arecaceae (27 ind, 2 ssp) y Myristicaceae (19 ind, 2 ssp.). Hacia el sur de la Amazonía también se encuentra inventarios similares, como los datos de Flores *et al*., (2016), ejecutado en un bosque húmedo amazónico en "Guayaros"-Bolivia, donde se evidencia a las familias: Arecaceae y Euphorbiaceae (3 ind, 3 ssp.)

similares al área muestreada pero con bajo número de ind. y ssp.. Al mismo tiempo, la investigación de Calzadilla y Cayola (2006) elaborado en un bosque amazónico de pie de monte en "La Paz"- Bolivia, se registra a Arecaeae (203 ind, 9 ssp.) con mayor reportes, pero Meliaceae (27 ind, 3 ssp.) y Myristicaceae (17 ind, 3 ssp.) se reporta con valores inferiores.

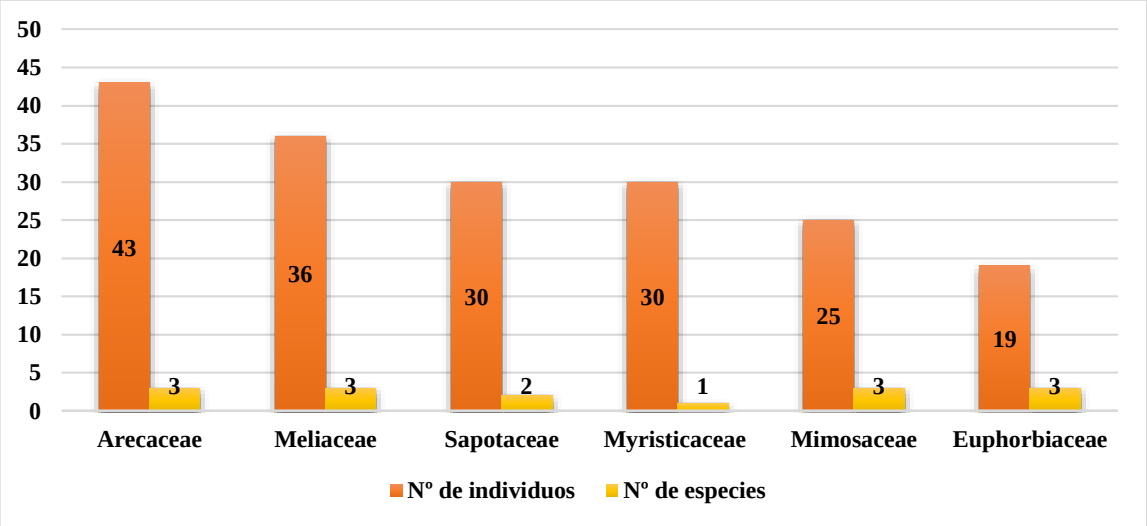


Figura 5: Familias con mayor número de reportes de individuos y especies.

Para aquellas familias con menor cantidad de individuos y especies (Ver *Figura 6*), tales como: Urticaceae con (2 ind, 2 spp.); Boraginaceae, Phyllanthaceae y Proteaceae con (2 ind, 2 spp.); Araliaceae, Cyatheaceae, Lamiaceae, Monimiaceae y Piperaceae con (1 ind, 1 spp.), concuerda con en el inventario de la comuna "Verde Sumaco" propuesto por Cushicagua (2019), donde las familias Boraginaceae, Cyatheaceae, Lamiaceae y Monimiaceae con (1 spp.), Piperaceae (4 spp.) y Urticaceae, (5 spp.), presentan baja incidencia de especies debido a que la mayoría de las familias recolectadas en este lugar se los ubica en chakras (53 %) y no en bosques secundarios (46 %) o bosques primarios (1 %). Además, la escasa aparición de la familia Piperaceae, según León *et al*., (2011), puede suceder porque es una de las 10 familias dentro de las 63 registradas en la Amazonía baja, que integra el grupo de árboles y arbustos con endemismo bajo, con la especie *Piper baezanum* en categoría de conservación de CR= casi amenazado.

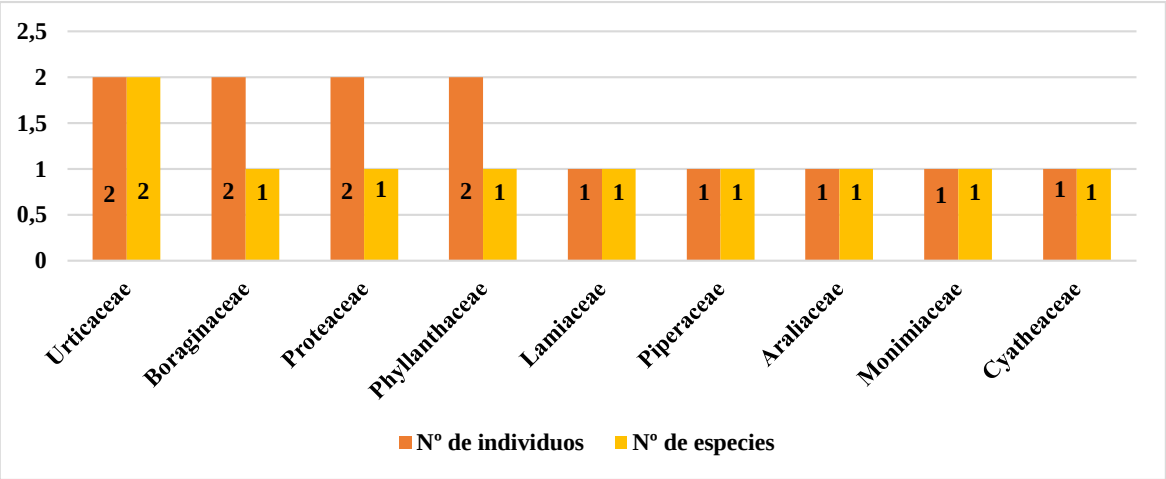


Figura 6: Familias con menor número de reportes de individuos y especies.

4.1.2. Estructura horizontal – Índice de Valor de Importancia (IVI)

Las familias con mayor IVIF (Ver *Figura 7*), fueron: Arecaceae 8.62 %, Meliaceae 7.65 %, Combretaceae 7.30 %, Myristicaceae 6.28 % y Theophrastaceae 6.09 %. Y las familias con menor IVIF: Urticaceae 0.77 %, Phyllanthaceae 0.54 %, Araliaceae 0.40 %, Cyatheaceae 0.40 % y Monimiaceae 0.37 %. De acuerdo a Flores *et al*., (2016), los resultados difieren en el bosque húmedo amazónico "Guayaros", donde la familia Arecaceae obtiene un IVIF medio de 5.5 %, mientras que la familia Urticaceae demuestra un IVIF mayor de 14.3 %.

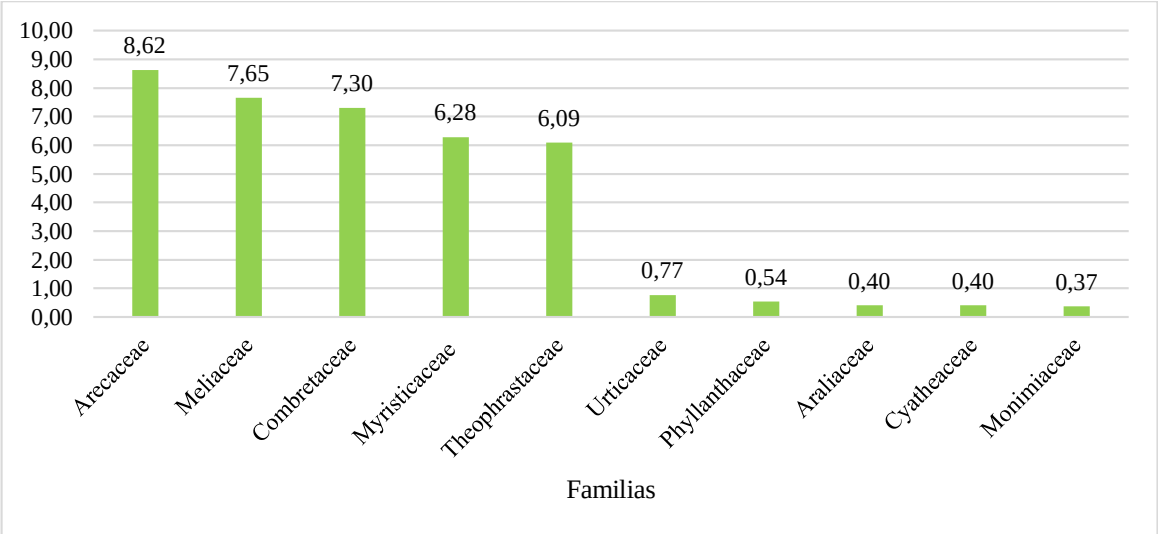


Figura 7: Familias con mayor Índice de Valor de Importancia Familiar

Entre las especies con mayor IVI (Ver Tabla 5) (Ver *Figura 8*), se tiene: *Iriartea deltoidea* con 17.80 %, *Guarea guidonia* con 16.82 %, *Otoba glycycarpa* con 15.79 %, *Pouteria baehniana* con 14.41 % e *Inga pavoniana* con 12.90 %, consideradas importantes por poseer mayor densidad y frecuencia de individuos en el área muestreada. Al respecto Samaniego *et*

al., (2015) en el bosque húmedo tropical en el "Parque Nacional Llanganates", entre las especies con mayor peso ecológico que representaron el 5.62 % estuvieron: *Iriartea deltoidea* y *Otoba glycycarpa* por ser las más abundantes. Datos similares se reportan en el bosque siempreverde piermontano en la cuenca del "Río Piatúa" en la investigación por Patiño *et al.*, (2015) donde se replican dos especies con mayor IVI, *Iriartea deltoidea* 12.40 % y la *Otoba parvifolia* (otro género) con 6.92 %. De la misma forma, Caranqui (2015a) señala a la especie Guarea kunthiana (otro género) de la familia Meliaceae, como la especie con mayor IVI de 21.16 %, presente en 3 transeptos de 1000 m2 cada uno, resaltada en el bosque siempreverde de tierras bajas en la Estación Experimental Pastaza (ESPOCH). Y en los estudios realizados por Pitman *et al*., (2002), en dos bosques amazónicos (Parque Nacional Yasuní y Parque Nacional Manu) separados por 1400 km de bosque tropical continuo de tierras bajas, se evidencia la dominancia de poblaciones densas de palmeras: *Iriartea deltoidea* en ambos sitios, con una densidad media por ser la especie más común. Por ende, la palma *Iriartea deltoidea* de la familia Arecaeae, muestra una mayor densidad y frecuencia en el bosque primario en el área de estudio por la relación entre la distancia geográfica y las diferencias ambientales (posición geográfica, pisos altitudinales y textura del suelo) (Vormisto *et al*., 2004), además por ser especies propias en los bosques húmedos tropicales (Wittmann *et al*., 2006).

Tabla 5

Especies más representativas identificadas en el Índice de Valor de Importancia (IVI)

Familia	Nombre común	Especie	AB (m2)	Dm	Dr	Fr	IVI 300%	IVI 100%
Arecaceae	Pambil - Palma chonta	*Iriartea deltoidea*	0.20	1.16	10.95	5.68	17.80	5.93
Meliaceae	Tucuta yura - Manzano colorado	*Guarea guidonia*	0.43	2.49	9.22	5.11	16.82	5.60
Myristicaceae	Sangre de Galllina	*Otoba glycycarpa*	0.35	2.03	8.65	5.11	15.79	5.26
Sapotaceae	Abio	*Pouteria baehniana*	0.36	2.08	7.78	4.55	14.41	4.80
Mimosaceae	Kachik yura - Uabilla	*Inga pavoniana*	0.20	1,16	6.63	5.11	12.90	4.30
Lauraceae	Canela del Oriente	*Ocotea quixos*	1.84	10.65	0.86	1.14	12.65	4.22
Combretaceae	Yuyun - Yumbingue	*Terminalia amazonia*	1.67	9.67	1.15	1.70	12.53	4.18

Área basal m2 (AB), Dominancia relativa % (Dm), Densidad relativa % (Ar), Frecuencia relativa % (Fr).

Para aquellas especies con mayor IVI relacionados al área basal sin importar su escaso número de individuos (Ver *Figura 8*), se muestra a *Ocotea quixos* con IVI de 4.22 % y Dominancia relativa (Dm) de 10.65 % seguido de *Terminalia amazonia* con IVI de 4.18 % y Dm de 9.67 %.

Al norte, en la selva alta perennifolia "Niños Héroes"- Tenosique, Vázquez *et al.*, (2011), ubican a *Terminalia amazonia* como la especie más importante (IVI) por su área basal por evidenciar un diámetro que va de 80 - 100 cm. De igual forma Cárdenas (2014), señala a esta especie con importancia ecológica de 5.1% y dominancia media de 0.30 %, encontrada en bosques de galería de los "Llanos"- Orinoco. Para la especie *Ocotea quixos* se encontró distintos hallazgos pero con otros géneros, como: el estudio de Cerón *et al*., (2003), en la cuenca del "Río Güeppi", el género *Ocotea* resalto entre las 10 más dominantes con una dominancia media de 4.66 % (relacionado al IVI). De la misma forma los resultados obtenidos por Tierres *et al*., (2020), en la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, reportan datos similares con una Dm de 8.75 % e IVI de 8.41 %.

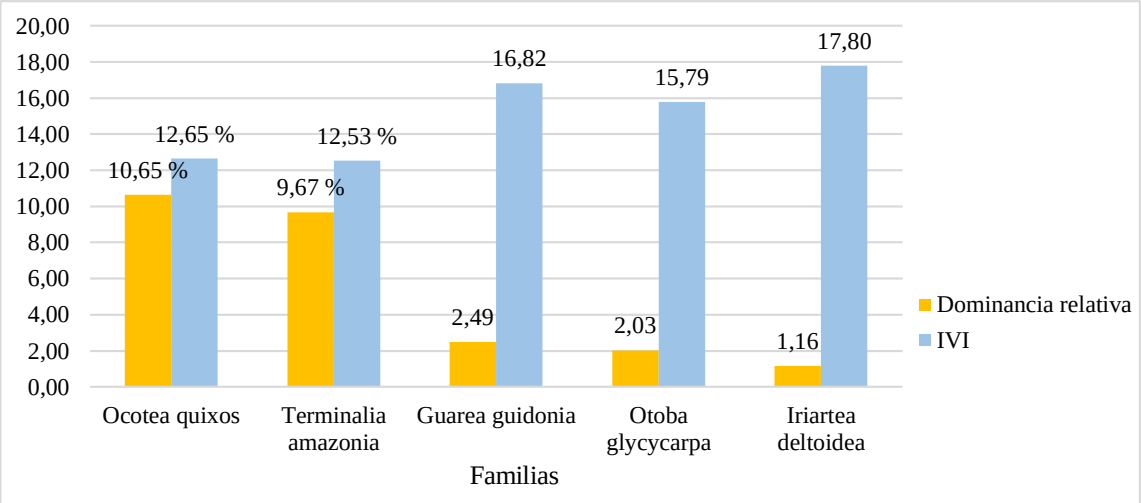


Figura 8: Diferencia entre especies con mayor IVI y especies más dominantes

4.1.3. Estructura vertical

Con relación a la estratificación vertical, se basó en la posición de la copa respecto a su exposición a la luz solar (Ver Tabla 6), bajo este parámetro se clasificó en 5 estratos: emergentes, dominantes o dosel superior, codominantes o dosel intermedio, intermedios o dosel inferior y suprimidos o sotobosque (Camacho; Mostacedo & Fredericksen, 2000).

En el área de estudio no existe un número exacto de especies por estrato, un claro ejemplo se observa en el Transecto 1: dos individuos de la especie *Ocotea quixos,* uno con 264 cm de DAP y 42.91 m de altura difiere del otro que posee 20 cm de DAP y 8.41 m de altura.

Así mismo en el Transecto 7: dos individuos de la especie *Otoba glycycarpa*, uno con 90 cm de DAP y 27.48 m de altura es diferente del otro que posee 14 cm de DAP y 2.40 m de altura. Estas especies demuestran variaciones en un mismo territorio, según Jiménez y Becerra (como se citó en Swaine *et al.,* 1987) la transición de individuos de una misma especie se debe a la iluminación de la copa, por ende los individuos incrementaran su crecimiento diamétrico aprovechando que las copas de árboles grandes absorben mayor cantidad de luminosidad. De este modo, Vasquez (2013) deduce que las especies elaboran diferentes estrategias de adaptación para sobrevivir en condiciones de iluminación.

Tabla 6

Forma de la copa de los árboles por estrato

Clase de copa	Estrato	Especies
Copa vigorosa, circulo completo o irregular	Emergente	*Guarea guidonia, Inga pavoniana, Otoba glycycarpa, Pouteria baehniana,* etc.
Total	230	
Medio circulo	Dominantes o dosel superior	*Aparisthmium cordatum, Grias neuberthi, Iriartea deltoidea, Sp3,* etc.
Total	78	
Solo rebrote y sin copa	Suprimido o sotobosque	*Geonoma brongniartii, Iriartea deltoidea, Sp1, Tabernaemontana sanano,* etc.
Total	39	

Se diferencia tres estratos, de acuerdo a la iluminación de la copa. El estrato emergente con 230 individuos, presentan copas vigorosas de circulo completo e irregular, cuentan con la presencia de algunas especies como: *Guarea guidonia, Inga pavoniana, Otoba glycycarpa, Pouteria baehniana,* etc.; el estrato dominante con 78 individuos de copas de medio circulo, con especies: *Aparisthmium cordatum, Grias neuberthi, Iriartea deltoidea, Sp3,* entre otras; y el estrato suprimido con 39 individuos con solo una o pocas ramas y la presencia de especies: *Geonoma brongniartii, Iriartea deltoidea, Sp1, Tabernaemontana sanano*, entre otras. Al comparar con los resultados reportado por Maldonado (2018), registra tres estratos: emergente, codominante y dominante, similares al área de estudio,

donde sus muestras se distribuyen por las necesidades lumínicas de los árboles pero con menor número de individuos.

4.2. Diversidad de especies

En el análisis de la heterogeneidad de la comunidad dentro del bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes (MAE, 2013b) de la región Amazónica para la medición de la biodiversidad, los índices utilizados fueron: Margaleft y Simpson, elementos importantes para puntualizar la diversidad de una comunidad.

4.2.1. Medición de Diversidad Alfa

4.2.1.1.Riqueza especifica – Índice de diversidad de Margaleft.

En los 10 transectos valorados (Ver *Figura 9*), se analizó lo siguiente: T4 con 6.01 y 23 especies (ssp.); T2 con 5.52 y 22 ssp.; T3 con 5.29 y 22 ssp.; T9 con 5.12 y 20 ssp.; T6 con 5.00 y 18 spp.; T5 con 4.98 y 19 ssp.; y T1 con 4.15 y 14 spp., considerados con una riqueza alta de especies y los transectos que más se acerca a la riqueza baja tenemos T10 con 3.91 y 15 spp.; T8 con 3.73 y 12 ssp.; y T7 con 3.15 y 11 ssp. (Ver Tabla 8). Estimando un índice total con un valor de 9.57 lo que indica una distribución heterogénea un área de 0.1 ha. Las familias con mayor riqueza de especies (Ver Tabla A1), fueron: Arecaceae, Meliaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae, Moraceae y Lauraceae con (3 ssp.).

Estudios similares por Patiño *et al.*, (2015), realizado en el bosque siempreverde piemontano en la cuenca del "Rio Piatúa" a una altitud de 600 y 900 msnm se evidencia a las familias más diversas: Arecaceae, Fabaceae y Moraceae con 5 especies, seguido de Lauraceae y Urticaceae con 4 especies. De igual forma en las investigaciones de Garófalo (2018) en el bosque siempreverde piemontano de la zona alta de la microcuenca del "Río Puyo", las familias con mayor riqueza de especies se reportan: Lauraceae con 5 especies, Meliaceae con 3 especies, Arecaceae con 2 especies. Sumando a este análisis el proyecto realizado por Guerrero *et al.*, (2020) en "Lisan Wasi"- comunidad San Pedro, registra un valor de 7.39 de riqueza especifica con una distribución heterogénea en las parcelas, donde se ha inventariado a las familias: Arecaceae, Fabaceae, Poaceae, Rutaceae y Melastomataceae como las más representativas.

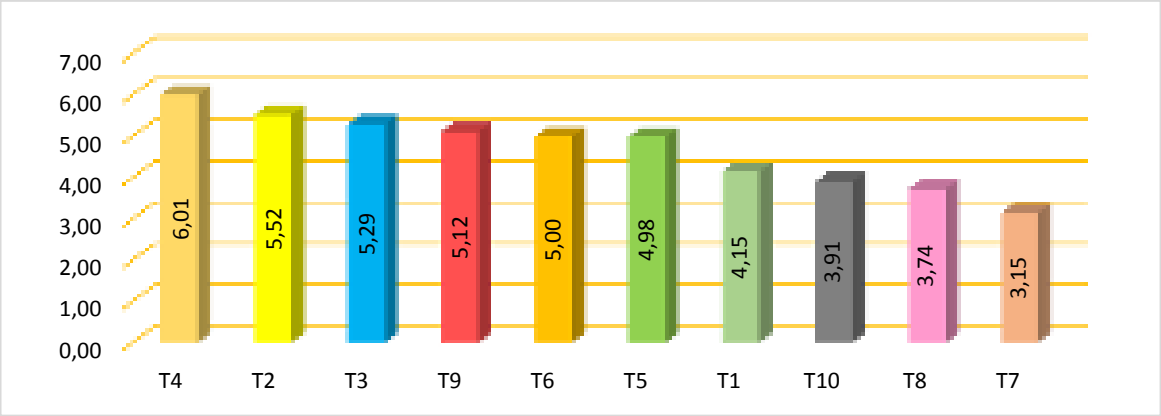


Figura 9: Distribución de la riqueza especifica – Índice de diversidad de Margaleft

4.2.1.2. Índice de dominancia Simpson.

El índice de diversidad de Simpson en el área de estudio fluctúa de 0.87 a 0.94, con valor total promedio de 0.91, determinando especies dominantes y agrupaciones con una variancia heterogénea (Ver *Figura 10*). Por ende todos los transectos presentan valores cercanos a 1, equivalente a mayor diversidad, pero el transecto más representativo es T4 con 0.94 donde se evidencia 23 especies (Ver Tabla 8).

Los resultados obtenidos por Patiño *et al.*, (2015), registra una composición florística similar, que van de una diversidad media a alta (valor promedio de 0.94 de diversidad), con especies propias de ecosistemas de pie de monte. De la misma manera los estudios realizados por Caranqui (2015b) en el bosque siempreverde de tierras bajas del oriente ecuatoriano, los valores se asemejan al área de estudio establecido, donde fluctúan de 0.92 a 0.95. A la vez, los resultados obtenidos por Torres y Caicedo (2016) en el bosque siempreverde de zonas bajas de la "provincia Napo", obtuvieron una diversidad alta de 0.93, con una riqueza de especies presentes en todas las unidades de muestreo.

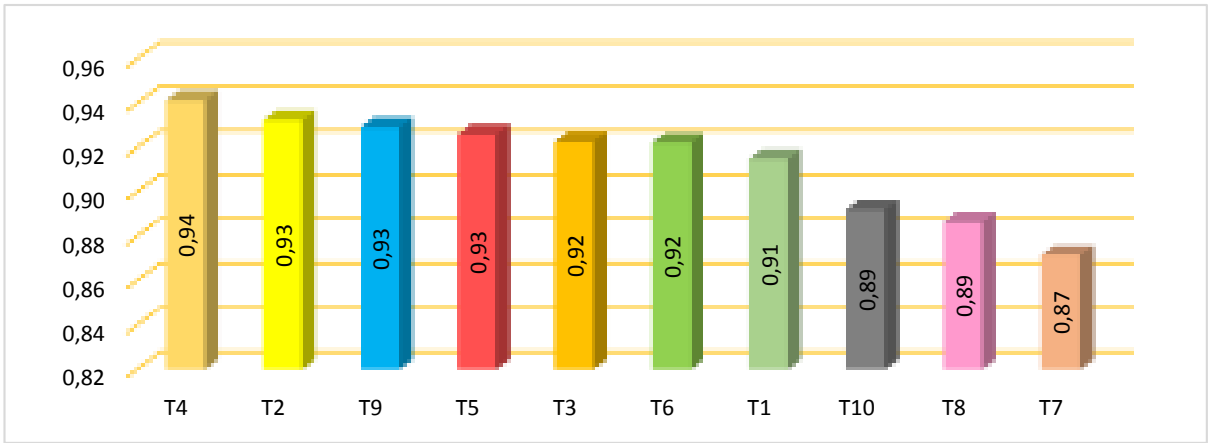


Figura 10: Distribución de la estructura – índice de Simpson

De acuerdo al Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental, en el ecosistema: Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, existe una zona de transición con los bosques montanos bajos entre una altitud de 1000 a 1300 msnm, con un marcado recambio de especies y presencia de árboles no tan grandes en altura y diámetro; los bosques inferiores a 1000 msnm presentan una diversidad local como la más alta del mundo, con un solo individuo en varias hectáreas (MAE, 2013b). Por ende la diversidad en el área de estudio presenta 17 especies con un solo individuo/m2 en diferentes transectos, como: *Cedrela odorata, Cecropia herithae, Ocotea floribunda, Alchornea glandulosa,* entre otras.

4.3. Cálculos para la estimación de carbono

4.3.1. Estimación de la Biomasa aérea y Carbono almacenado

La estimación de biomasa aérea total parte de las variables tomadas en campo: DAP ≥ 10 cm a partir de 1.30 m del suelo y altura total. Seguido de la densidad de madera de cada especie obtenida mediante el uso de literatura, y finalmente el factor de expansión de biomasa (FEB) puesto que en el campo no se tomaron muestras de la biomasa aérea (ramas y hojas) y biomasa subterránea (raíces) por la limitación del uso de laboratorio.

Para determinar el FEB, se basó en la ecuación de Brown y Faeth (1997), donde establece la condición de "FEB = 1.74 t/ha si BV ≤ 190 t/ha", caso contrario, se resuelve la ecuación. Descrito esto, durante el cálculo de FEB, el resultado de la biomasa del volumen (BV) fue igual a: 7933.31 t/ha., incumpliendo con la condición anteriormente mencionado, por ende se resolvió la ecuación y se obtuvo un FEB de 0.26 t/ha.

Finalmente, para obtener la biomasa aérea total (Ver Tabla 7) se empleó la ecuación propuesta por Brown (2002) en la metodología de la fase de análisis. Y para el cálculo del Carbono almacenado, se multiplico la biomasa aérea total por la fracción de carbono (0.49) establecido por (IPCC, 2006).

Tabla 7

Biomasa aérea total y Carbono almacenado en el área de estudio

Parámetros	Unidad de medida	Valores
Volumen	(m3/ha)	14,250
Densidad promedio	(t/m3)	0.56
Factor de expansión	(t/ha)	0.2644
Biomasa aérea total	(t/ha)	2,097.58
Carbono almacenado	(tC/ha)	1,027.81

La biomasa aérea total (BA) y el Carbono (C) almacenado (Ver Tabla A1), en el área de estudio se registra: 2,097.58 t/ha y 1,027.81 tC/ha, respectivamente. Las familias que poseen mayor BA y C (Ver *Figura 11 y* Tabla A1), fueron: Combretaceae con 244.8 t/ha y 120 tC/ha seguido de Moraceae con 75 t/ha y 36.8 tC/ha, mientras que las familias con menor BA y C estuvieron dados por: Cyatheaceae con 0.06 t/ha y 0.03 tC/ha, y Monimiaceae con 0.10 t/ha y 0.05 tC/ha. Las especies que muestra mayor BA y C de acuerdo a los altos valores de área basal y DAP (Ver Tabla A2): *Terminalia amazonia* con 24.48 t y 12 tC, y *Ocotea quixos* con 20 t y 9.8 tC y las especies con inferior BA y C, se tuvo a: *Cyathea patens* con 0.006 t y 0.003 tC, y *Sp5* con 0.006 t y 0,003 tC.

Quiceno *et al*., (2016) quienes a partir de la aplicación de la ecuación de Brown (2002), se registra una biomasa aérea total de 95.20 t ha^{-1}, inferior a los resultados que se obtuvo. Esto se debe a que el valor de biomasa del volumen (BV) fue menor a 190 t/ha, por lo tanto aplicaron la constante de 1.74 t/ha de factor de expansión de biomasa (FEB).

Dauber *et al.*, (2000) mencionan que en bosques naturales de cuatro ecoregiones bolivianas: Amazonía, Preandino amazónico, Transición chiquitano amazónico y Chiquitanía, obtuvieron como resultado una biomasa aérea total que oscila entre 97 a 171 t/ha, a partir de ecuaciones matemáticas y no por factores de expansión (Brown *et al*., 1989). Por lo tanto los resultados difieren del presente proyecto por el uso de factores de expansión y un valor de biomasa aérea total superior.

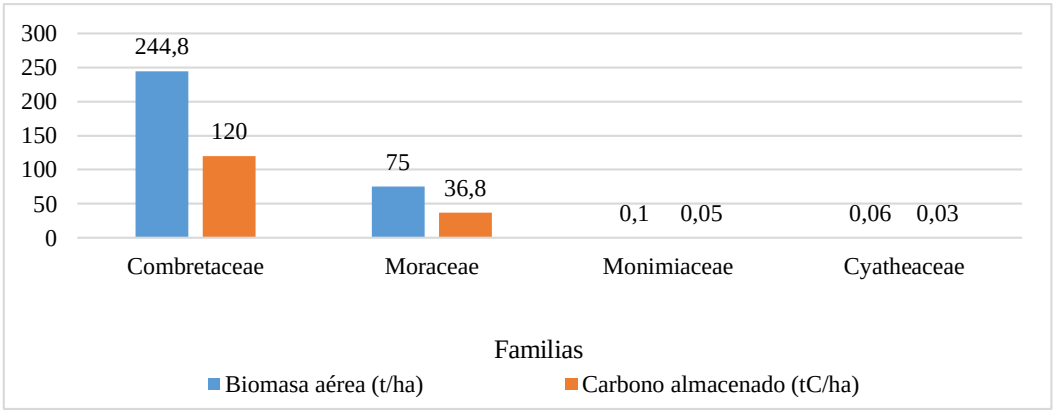


Figura 11: Biomasa aérea total, Carbono almacenado y CO2 capturado por familia

Para Cañarte (2014), la familia Moraceae, es la más abundante e importante en los bosques de países tropicales, por lo tanto en su investigación se evidencia mayor almacenamiento de carbono, señalando la relación entre el porcentaje de individuos (134 ind) con el número de toneladas de carbono (244.90 Tc/ha). Al comparar con nuestros

resultados, la familia Moraceae presenta 9 individuos y un total de 13.5 tC almacenado por la relación área basal – tC.

La familia Combretacea, mediante el uso de la especie *Terminalia amazonia* en sistemas agroforestales por Salgado *et al*., (2018), determinan que almacena mayor carbono en su madera (47.8 %) y menor en sus hojas (39.8 %), esto se debe a la presencia dominante de la especie con DAP y altura promedio de 100.99 cm y 15.34 m, respectivamente. Para los resultados estimados en el área de estudio, la familia Combretacea demuestra dominancia con la especie *Terminalia amazonia*, con 130 cm de DAP y 1.67 m2 de área basal, aseverando ser la especie con mayor carbono almacenado por su diámetro.

Acentuando con la investigación de Jadán *et al*., (2017), al estimar la biomasa en tres pisos altitudinales: piemontano, montano bajo y montano, en bosques amazónicos, obtuvieron resultados favorable donde la especie *Terminalia amazonia* se ubica en el piso montano bajo, mismo que posee 47.7 t/ha, 4.5 veces menor que el piso piemontano, pero ambos sitios con máximos valores de biomasa aérea y carbono almacenado de acuerdo a los altos registros de área basal y DAP.

En trabajos similares, Cuenca *et al.*, (2014), en el bosque de tierras bajas de la Amazonía, hallan la interdependencia entre la biomasa aérea forestal con el área basal y el volumen comercial, ubicando a *Terminalia amazonia* como la especie con mayor valor de biomasa superado alturas totales ≥ 25 m. Pero Vasquez (2019) en un área de 330.84 ha en el bosque de colina baja suave-"Río Oroza", evidencia, con otro género, a *Terminalia oblonga* con mayor BA y C de 243.92 t/ha y 121.96 tC/ha, respectivamente, determinando que mayor almacenamiento de C se da en diámetros menores entre 40 a 100 cm con 84 individuos; datos similares se muestra en el área de estudio de 0,1 ha, la especie *Terminalia amazonia* que posee una BA y C de 244,8 t/ha y 120 tC/ha, respectivamente, en un diámetro mayor de 130 cm con 4 individuos.

Por otro lado, Agurto (2016), en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación (CIPCA) en el kilómetro 44 vía Puyo-Tena, compara el comportamiento de dos especies en suelos tratados con materia orgánica, una de ella *Ocotea quixos,* quien demuestra en la relación altura-biomasa una desigualdad, porque al observar que mientras pasa el tiempo la altura continua con su crecimiento natural pero la biomasa estimada crece y decrece, encontrando mayor biomasa en los tallos con 22.93 g (0.0023 t), y menor en las hojas con 21.71 g (0,0021 t).

4.3.2. Estimación del CO_2 capturado

La cantidad de dióxido de carbono (CO_2) capturado fue de 3772.08 t/ha. Las familias con mayor CO2 capturado (Ver Tabla A1), se tuvo: Combretaceae con 440.3 tCO2/ha, Moraceae con 135 tCO2/ha, Theophrastaceae con 130 tCO2/ha y Lauraceae con 93.4 tCO2/ha. A nivel de especies con mayor CO_2 capturado (Ver Tabla A2), fueron: *Terminalia amazonia* con 44.03 tCO2, *Ocotea quixos* con 35.96 tCO2 y *Batocarpus costaricensis* con 20.63 tCO2.

Al comparar con los resultados de (Paucar & Valdivieso, 2017), realizado en un área de 1 ha del bosque de la estación científica Kutukú, han inventariado a la especie *Terminalia amazonia* dentro de los latizales altos sólo con 1 individuo, reportando 0.065 tCO2 capturado; lo que difiere de los resultados obtenidos en el área de estudio al inventariar en 0.1 ha de superficie y encontrar 4 individuos de la misma especie pero con mayor CO2 capturado= 44.03 tCO2.

A la vez, al comparar con Hernández (2018), quien al evaluar 15 sectores con 2 ecuaciones para estimar el CO2 capturado en la zona urbana del "Municipio de Galeras", encuentra en el sector 5 a la *Terminalia amazonia* como la especie con mayor capacidad de secuestro CO2, considerando que el C almacenado depende directamente de la BA y el número de individuos presentes en el área, obteniendo 0.15 t/ha en la ecuación 1 y 0.10 t/ha en la ecuación 2.

En la selva amazónica de "Loreto", Luccini *et al*., (2018) realizan la comparación de la captura y almacenamiento de CO2, ubicando a *Ocotea oblonga* (otro género) entre una de las especies que integran árboles grandes (DAP $\geq$ 40 cm) con la capacidad de asimilación de CO2 atmosférico con un total de 643.46 tCO2/ha, pero de lento crecimiento y renovación que las especies gramíneas y de tallo en humedales.

La dinámica de los bosques durante el proceso de captura de CO2 por su mortalidad es compleja, Orrego & Del Valle (2001), realizan la comparación de bosque primario (bp) y bosque secundario (bs) en dos periodos (1999-2000) y (2000-2001), para el primer periodo ambos bosques muestran un alto BA, C almacenado y CO2 capturado (bp= 233.494 t/ha, 104.49 tC/ha y 365.72 tCO2/ha y bs= 45.82 t/ha, 78.41 tC/ha y 274.44 tCO2/ha), para el segundo periodo ambos bosques disminuyen sus valores por la extracción y mortalidad de ciertos árboles, evitando hallar un equilibrio en sus aportes de biomasa debido a la intervención en su procesos naturales y de regeneración. Del mismo modo, en el área de estudio, el CO2 es capturado por aquellas especies de menor abundancia y mayor área basal como la *Terminalia amazonia*, su poca existencia de individuos podría ser por el uso tradicional y aprovechamiento de madera (Rendón, 2009).

4.4. Diseño de la propuesta

Título: *Participación de la comunidad Kichwa Pasu Urku en proyectos para la conservación de bosques primarios: Proyecto Socio Bosque*

4.4.1. Introducción

La superficie de bosques primarios intactos disminuye rápidamente con el incremento poblacional, su preservación y conservación permitirá detener la degradación de la biodiversidad, prevenir la perdida de cultura y poblaciones indígenas, frenar el cambio climático, aportar al desarrollo sostenible y aumentar el secuestro y almacenamiento de carbono (C) (Watson *et al*., 2018). De esta forma, se conoce la capacidad de los bosques en convertirse en sumideros de C y dar paso a la aplicación de proyectos REDD+ para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a través de la conservación (Vicuña *et al*., 2018).

El Gobierno del Ecuador elabora la Estrategia Nacional para el Cambio climático (ENCC), dando cumplimiento la línea estratégica: Plan Nacional de Mitigación, que promueve la reducción de los GEI y aumentar los sumideros de carbono (MAE, 2012), es así que la Autoridad Ambiental Nacional (AAN) expide el Plan de Acción REDD+ donde establece el componente estratégico 4: Conservación y restauración, con el propósito de aumentar las reservas de carbono a través de la conservación y mantenimiento de superficies vegetales, presentes en el Plan Nacional de Desarrollo (2013-2017), desarrollando programas de incentivos económicos como: Socio Bosque (MAE, 2016).

El Programa Socio Bosque bajo Acuerdo Ministerial Nº 169 entra en vigor el 14 de noviembre del 2008, donde dispone en el Art. 1.-: "Lograr la conservación de las áreas de bosques nativos, páramos y otras formaciones vegetales nativas del Ecuador y disminuir los GEI por efecto de la deforestación" (MAE, 2008), pero bajo Acuerdo Ministerial Nº 131, en vigor el 19 de diciembre del 2013, se establece el Programa Nacional de Incentivos a la Conservación y Uso Sostenible del Patrimonio Natural "Socio Bosque", donde el Art. 2.-, litera 2 describe: "Incentivar la conservación y protección de la cobertura vegetal nativa y de ecosistemas forestales, arbustivos e hídricos, primario y/o frágiles" (MAE, 2013a)

Con la presente propuesta, bajo el Manual Operativo del Proyecto Socio Bosque (MAE, 2009) se trabajará no sólo con el Sr. Grefa Aguinda, dueño de la finca de 50 ha anteriormente estudiado, sino también se incluirá a la comunidad Kichwa Pasu Urku con la finalidad de que sean partícipes en proyectos de conservación mediante incentivos económicos bajo el

cumplimiento de los requisitos, derechos y responsabilidades establecidos en el Programa Socio Bosque.

4.4.2. Objetivos

4.4.2.1.General.

Proponer la participación de la comunidad Kichwa Pasu Urku en proyectos para la conservación de bosques primarios.

4.4.2.2.Específicos.

- Capacitar a la comunidad mediante mesas de trabajo en temas de educación ambiental.
- Preservar los bosques primarios mediante incentivos económicos del Proyecto Socio Bosque.
- Planificar el desarrollo agrícola de la comunidad mediante el modelo de desarrollo sostenible "Sistema Agroforestal Chacra".

4.4.3. Metodología

4.4.3.1.Localización.

La comunidad Kichwa Pasu Urku se encuentra ubicado en la parroquia Ahuano, con una precipitación de 2733,7 mm anuales, temperatura media mensual de 24,5 ºC, presente en la cuenca del Río Napo (PDOT-PAhuano, s.f.), situado al noroccidente de la Amazonía, en el ecosistema: Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, a una altitud que va de 400 a 1300 msnm, con zona de transición para altitudes de 1000-1200 msnm y para una altitud menos a 1000 msnm donde se desarrolla árboles con dosel cerrado de 35 m y emergentes de hasta 40 m, entre las especies diagnosticadas tenemos: *Iriartea deltoidea, Cedrelinga cateniformis, Chrysophyllum sanguinolentum, Nectandra laurel, Terminalia amazonia, etc* (MAE, 2013b).

La comunidad Kichwa Pasu Urku posee 1,407.76 ha como área comunal, se encuentra conformada en la actualidad por 62 socios jurídicos y 7 aspirantes, rigiéndose a la reforma del estatuto con Oficio Nº 670-DCAL que atribuye al Sr. Shiguango Raúl como kuraka-presidente, miembro del Consejo de Gobierno Comunitario de la Comunidad Kichwa Pasu Urku, el cumplimiento del Art.-18, literal f) en "Conocer, analizar y aprobar los proyectos, contratos y/o convenios y autorizar la suscripción de los mismos, ya sean con organismos públicos o privados, nacionales e internacionales y rendir cuentas de su accionar a la Asamblea Comunitaria" (Ver *Figura 12*) (CODENPE, 2013).

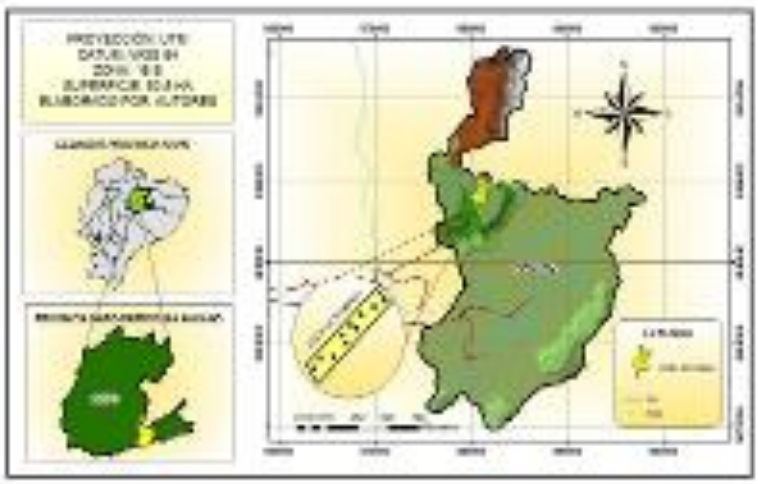


Figura 12: Ubicación de la finca del Sr. Grefa Aguinda, en la comunidad Kichwa Pasu Urku.

4.4.4. Resultados esperados del Proyecto

- **Capacitación**

En el siguiente apartado (Ver Tabla A4), se detalla las temáticas para debatir en la mesa de trabajo y dar a conocer a la comunidad a fin de motivar a la población en la conservación de su territorio y la participación en proyectos de buenas prácticas ambientales. Se realizará la capacitación en la casa comunal Pasu Urkuy, y como exponentes a los estudiantes que elaboraron la presente propuesta.

- **Proyecto Socio Bosque**

En la presente propuesta, se espera que la comunidad Kichwa Pasu Urku sea participe del programa de incentivo económico, que permitirá mejorar las condiciones de vida de la población y al mismo tiempo conservar el bosque primario y los stocks de carbono por el crecimiento de la deforestación, apoyando a nivel mundial la reducción de gases de efecto invernadero (GEI).

Para la selección de los participantes del proyecto se aplicara la siguiente formula obtenida de (MAE, 2009):

$$IP = NA + SA + NP \qquad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

IP = Índice de Prioridad

NA = Nivel de Amenaza

SA = Servicios Ambientales

NP = Nivel de Pobreza

Cumpliendo la siguiente ponderación de la Tabla A5 de acuerdo a la Priorización Geográfica con los criterios de selección para cobertura boscosa y otras formaciones vegetales nativas

Una vez establecido el Índice de Prioridad, se determina la Estructura del Incentivo y el Mecanismo de Transferencia, de acuerdo con la Tabla A6, la finca del Sr. Grefa Aguinda tendrá un valor de $30/ha/año, con un costo total por sus 50 ha de $ 1500 en el mecanismo de "Persona Natural" para "Cobertura boscosa y otras formaciones vegetales nativas".

Finalmente, establecido el pago conforme al territorio especificado en el título de propiedad, lo pagos se efectuaran dos veces al año (meses de mayo y octubre) mediante Sistemas de Pagos bancarios, con una duración de contrato de 20 años y cada dos años presentar: una declaración juramentada donde detalle no haber alterado al área bajo conservación y certificado de gravámenes de la propiedad (MAE, 2009).

Los requisitos, firma de convenio, duración y renovación del contrato, y terminación del convenio se podrán analizar, dependiendo si los miembros interesados de la comunidad ingresan al proyecto de forma individual o conjunta, en el Manual Operativo del Proyecto Socio Bosque, citada anteriormente.

- **Sistema Agroforestal Chakra**

Es un espacio productivo que incluye diversos sistemas agroforestales espaciales o temporales desarrolladas en un claro del bosque o del realce. Este sistema fue desarrollado por el INIAP a través del Programa Nacional de Forestaría con el proyecto FLOAGRI (Gestión participativa de los recursos forestales y agrícolas por la agricultura familiar en la Amazonia) junto con la participación de las Organizaciones "Kallari", "Wiñak", "Tsatsayacu", "Waylla Kuri", "INTI", etc, cuyo objetivo fue fortalecer la cadena de valor del cacao fino y de aroma en sistemas integrados en comunidades nativas Kichwas y colonas del alto Napo, de modo que el interés del desarrollo del sistema Chakra surge por la creciente demanda en cacao y la necesidad de ingresos económicos de las familias, pudiendo generar la deforestación de los bosques nativos, es así que es gestionado y mejorado para cubrir las necesidades ecológicas, económicas y alimentarias (Arévalo *et al.*, 2013).

De acuerdo a la Ordenanza aprobada el 25 de mayo del 2017 por la Cámara Provincial de Napo, y sancionada y promulgada el 15 de junio del 2017 por la Prefectura de Napo, se expide el Manual de Sistema de Participación de Garantías (SPG), dando cumplimiento a los Principios y reglas de la Chakra para el (SPG), principio (9), menciona lo siguiente: "Gestión de Chakra con criterios de paisaje amazónico, conservando, manejando y

protegiendo recursos y área estratégicas para una mejor resiliencia ante la crisis climática" ("Manual-SPG", 2020).



Figura 13: Modelo de Sistema Agroforestal Chacra. 1) Bosque primario conservado; 2) cultivo de cacao; 3) cultivo de plátano, yuca y piña; 4) cultivo de maíz; 5) cultivo de arroz; 6) Vivienda.

Una vez conocido la función del sistema agroforestal Chacra, la siguiente propuesta surge como una alternativa que favorecerá a la comunidad Kichwa Pasu Urku, ingresos económicos y subsistencia alimentaria, después de la aplicación del proyecto socio bosque. Además para quienes tengan cultivos sin ningún manejo adecuado proporcionara una reproducción de uso sostenible de la tierra, aumentando la superficie de bosque para conservar. Para su aplicación se realizarán dos talleres participativos con los beneficiarios en la casa comunal (Ver Tabla A7).

4.4.5. Presupuesto

Tabla 8
Presupuesto para la realización del Proyecto Socio Bosque

Componentes / Rubros	Fuentes de Financiamiento (USD)					TOTAL
	Externas		Internas			
	Créditos	Cooperación	Créditos	Autogestión	Aporte Comunidad	
Componente 1						
Actividad 1.1	0	70	0	0	0	70
Componente 2						
Actividad 2.1	0	0	0	0	650	650
Componente 3						
Actividad 3.1	0	0	0	800	0	800
TOTAL	0	70	0	800	650	1520

Actividad 1.1.: El costo para la capacitación, provendrá de los estudiantes con un valor de $70 para material didáctico y viáticos.

Actividad 2.1.: La planimetría elaborado por el MAE establece que a mayor hectárea menor es el costo, dando un total de $600 aproximadamente por beneficiario, y dicho valor se descontará a lo largo de los pagos (dos veces al año) de modo que cada propietario sólo invertirá $50 para el papeleo de los requisitos, con un total aproximado de $650.

Actividad 3.1.: La Asociación Agro Artesanal Wiñak, brindará dos talleres a los beneficiarios en la comunidad, a un costo de $400 cada capacitación. Este valor deberá ser financiado por la Junta Parroquial Ahuano u Organización no gubernamental (ONG) bajo la petición de la comunidad. El Costo total es de $ 1520, menos el valor $650 dólares por propietario dando un total de $870 de inversión por la aplicación de la propuesta.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.Conclusiones

- En el bosque primario de la comunidad Kichwa Pasu urku se encontraron 347 individuos, 57 especies y 30 familias, donde se incluye 7 especies sin reconocimiento taxonómico, siendo las familias Areaceae, Meliaceae y Myristicaceae con mayor número de reportes.
- Las familias con mayor representatividad familiar (IVIF) fueron Arecaceae con 8.62 %, Meliaceae 7.65 % y Combretaceae 7.30 %; las especies con mayor valor ecológico (IVI) de acuerdo al número de individuos, tenemos *Iriartea deltoidea* con 17.80 % y 38 individuos, *Guarea guidonia* con 16.82 % y 32 individuos, y *Otoba glycycarpa* con 15.79 % y 30 individuos, mientras que las especies con mayor IVI basado en su área basal –densidad relativa sin importar el bajo número de individuos fueron Ocotea quixos con IVI de 4.22 % y Dm de 10.65 % seguido de Terminalia amazonia con IVI de 4.18 % y Dm de 9.67 %.
- Con relación a la estratificación vertical de acuerdo a la iluminación de la copa se evidenció tres estratos: El estrato emergente con 230 individuos de copas vigorosas con circulo completo e irregular; el estrato dominante con 78 individuos con copas de medio circulo; y el estrato suprimido con 39 individuos con solo una o pocas ramas, donde *Iriartea deltoidea, Guarea guidonia, Aparisthmium cordatum, Myrciaria floribunda, Pouteria baehniana, Sp3 y Tabernaemontana sananho* son las especies más comunes en todos los estratos.
- Los índices de diversidad arrojaron, para Margaleft un valor total de 9.87 indicando una distribución heterogénea ubicando a la familia Arecacea con la riqueza más alta de especies; para Simpson se obtuvo valores que va de 0.87 a 0.94 determinando especies dominantes y agrupaciones con una variación heterogénea, lo que demuestra la probabilidad de que dos individuos tomados al azar dentro de un habitad pertenezcan a la misma especie.
- Existe un total de 17 especies con un solo individuo/m2 (100m2 – tamaño del transecto) en un rango altitudinal inferior a 1000 msnm, considerándose un bosque con una diversidad más alta del mundo.
- La biomasa aérea total en el área de estudio fue de 2,097.58 t/ha, lo que permitió estimar un total de 1,027.81 tC/ha de carbono almacenado en el bosque primario, en cuanto a familia con mayor biomasa y carbono almacenado, tenemos:

Combretaceae con 244.8 t/ha y 120 tC/ha seguido de Moraceae con 75 t/ha y 36.8 tC/ha. A nivel de especies, aquellas consideras con mayor BA y C almacenado de acuerdo a su área basal y DAP, fueron: *Terminalia amazonia* con 24.8 t y 12 tC, y *Ocotea quixos* con 20 t y 9.8 tC., con mayor absorción en doseles y menor cantidad en hojas y ramas.

- El dióxido de carbono capturado es de 3,772.08 tCO2/ha, mismo que es almacenado en aquellas especies en menor abundancia y con mayor área basal como la *Terminalia amazonia.*

5.2. Recomendaciones

- Seguimiento de periodos de floración y fructificación para la recolección de semillas de aquellas especies nativas con mayor almacenamiento de carbono a través de la participación comunitaria.
- Construir un invernadero comunitario para la selección de semillas provenientes de las especies con mayor importancia ecológica y mayor almacenamiento de carbono.
- Considerar la conservación de las especies: *Terminalia amazonia, Ocotea quixos, Oenocarpus bataua, Clavija harlingii, sp7, Batocarpus costaricensis, Cedrela odorata y Ficus obtusifolia* debido a su contribución en el almacenamiento de carbono por su mayor área basal y por su menor número de individuos.
- Implementar un plan de manejo sostenible a través de sistemas de Chakras, que permitan mejorar las condiciones económicas y alimentarias a la comunidad kichwa Pasu Urku a través del uso racional del suelo sin incrementar la zona agrícola y evitar la afección de los recursos maderables.

6. REFERENCIAS

"Manual-SPG". (2020). Manual del Sistema Participativo de Garantías de la Chakra Kichwa Amazónica que rige en la zona baja de la provincia de Napo.

Acosta, V., Araujo, P., & Iturre, M. (2006). Caracteres estructurales de las masas. *Universidad Nacional de Santiago del Estero, pp.* 16-18.

Aguirre, N., Eguiguren, P., Maita, J., Coronel, V., Samaniego, N., Ojeda-Luna, T., & Aguirre-Mendoza, Z. (2015). Vulnerabilidad al cambio climático en la región sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica. *Universidad Nacional de Loja y Servicio Forestal de los Estados Unidos. Loja, Ecuador*.

Aguirre, Z. (2013). Guía de métodos para medir la biodiversidad. *Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador, 37*(6), *p.* 82.

Agurto, J. G. (2016). *Caracterización del desarrollo de dos especies Amazónicas ocotea quixos y myrxylon balsamum como un aporte a la reduccion de díoxido de carbono atmosférico.* Universidad Estatal Amazónica.

Arévalo, 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.* Paper presented at the Actas 6 Congreso Forestal Español, 6CFE01-141. Sociedad Española de Ciencias Forestales, Pontevedra.

Benjamín, J. A., & Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosque. Instituto de Ecología., Vol. 7*.

Brown, P., & Faeth, P. (1997). Manual para el Modelo LUCS (Uso del Suelo y la Fijación de Carbono). *Center for International Development and Environment, World Resources Institute. Washington, USA*.

Brown, S. (2002). Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Elsevier Science*.

Brown, S., Gillespie, A. J., & Lugo, A. E. (1989). Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest science, 35*(4), *pp.* 881-902.

Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*. doi: 10.22267/rcia.183501.85

Calderón, M., & Lozada, V. (2010). *Determinación de biomasa y contenido de carbono en plantaciones forestales de Polylepis incana y Polylepis reticulata.* QUITO/EPN/2010.

Calzadilla, M., & Cayola, L. (2006). Estructura y composición florística de un bosque amazónico de pie de monte, Área Natural de Manejo Integrado Madidi, La Paz – Bolivia. *Ecología en Bolivia, vol. 41*.

Camacho, M. (2000). Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical. Guía para el establecimiento y medición. *CATIE, Serie Técnica. Manual Técnico Nº42*.

Cámara, R., & Díaz del Olmo, F. (2013). Muestreo en transecto de formaciones vegetales de fanerófitos y caméfitos (I): fundamentos metodológicos. *Estudios Geográficos, 74*(274), *pp.* 67-88. doi: 10.3989/estgeogr.201303

Cañarte, F. H. (2014). *Determinación de captura de carbono por la familia Moraceae como aporte a la declaratoria de Reserva Ecológica del Bosque Uleam El Carmen, 2013.* Universidad Laica "Eloy Alvaro" de Manabí

Caranqui, J. (2015a). Analísis temporal entre dos estados del bosque siempre verde de tierras bajas en la Estación Experimental Pastaza.

Caranqui, J. (2015b). Composición y diversidad de especies arbóreas en transectos de localidades del bosque siempreverde de tierras bajas del Ecuador. *Enfoque UTE, 6*(3), *pp.* 96-105.

Cárdenas, M. A. (2014). Estudio comparativo de la composición florística, estructura y diversidad de fustales en dos ecosistemas del campo de producción 50k cpo-09, llanos del orinoco colombiano. *Colombia forestal, 17*(2), *pp.* 203-229.

Cerón, C., Montalvo, C., & Reyes, C. (2003). El bosque de tierra firme, moretal, igapó y ripario en la cuenca del Río Güeppi, Sucumbios-Ecuador. *Cinchonia, 4*(1), *pp.* 80-109.

Cerón, C., & Reyes, C. (2009). Mondaña, Río Napo-Ecuador, diversidad floristica mediante transectos. *Cinchonia, 9*(1), *pp.* 50-61.

COA. (2017). Código Orgánico del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017*.

CODENPE. (2013). Registro de reforma del estatuto de la Comunidad Kichwa Pasu Urku. *Consejo de Desarrollo de las Nacionalidades y Pueblos del Ecuador*.

COIP. (2017). Código Orgánico Integral Penal. Registro Oficial Suplemento 180 Recuperado.

Constitución del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador *Registro Oficial 449 de 20-oct-2008*.

Cuenca, M. E., Jadán, O., Cueva, K., & Aguirre, C. (2014). Carbono y ecuaciones alométricas para grupos de especies y bosque de tierras bajas, Amazonía Ecuatoriana. *CEDAMAZ, 4*(1).

Cushicagua, R. (2019). Estudio etnobotánico de la biodiversidad vegetal en la comunidad Verde Sumaco, provincia de Orellana. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, *pp.* 88-97.

Chávez, Á. A., Xelhuantzi, J., Rubio, E. A., Villanueva, J., Flores, H. E., & Orozco, M. (2016). Caracterización de cargas de combustibles forestales para el manejo de reservorios de carbono y la contribución al cambio climático. *Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7*(SPE13), *pp.* 2589-2600.

Chinchilla, L., Méndez Cartín, A. L., Sánchez Toruño, H., Montero Flores, W., Barquero Elizondo, A. I., & Hernández Sánchez, L. G. (2019). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un bosque primario intervenido de la zona protectora" El Rodeo", Costa Rica. *Revista Cubana de Ciencias Forestales, 7*(3), *pp.* 341-353.

Dauber, E., Terán, J., & Guzmán, R. (2000). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista Forestal Iberoamericana, 1*, *p.* 32.

De Erice, E., & González, A. (2012). Biología. La ciencia de la vida. *McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. DE C.V., Segunda edición*, *p.* 377.

Donoso, C., Grez, R., Escobar, B., & Real, P. (1984). Estructura y dinámica de bosques del Tipo Forestal Siempreverde en un sector de Chiloé insular. *Bosque, 5*(2), *pp.* 82-104.

FEMP. (2009). Los sumideros de carbono a nivel local. *Federación Española de Municipios y Provincias*.

Flores, M., Araujo, A., Cabrera, P., Carvajal, D., Molina, A., & Lazarte, M. (2016). Diversidad y composición florística de los bosques amazónicos del sur de la amazonía en el sector Kenia, GUarayos Bolivia. *Museo de HIstoria Natural Noel Kempff Mercado, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno*, *p.* 26.

Garófalo, B. J. (2018). *Biomasa aérea de familias botánicas del bosque siempreverde piemontano de la microcuenca río Puyo como contribución a los servicios ecosistémicos.* Universidad Estatal Amazónica.

Gentry, A. (1995). Diversidad y composición florística de bosques secos neotropicales. *Cambridge University press.(En linea) Consultado el, 23*(10), *p.* 10.

Grau, R., Paolini, L., Malizia, A., & Carilla, J. (2010). Distribución, estructura y dinámica de los bosques de la Sierra de San Javier. *Ecología de una transición naturalurbana: El Gran San Miguel de Tucumán y la Sierra de San Javier. San Miguel de Tucumán, Argentina. Editorial de la Universidad Nacional de Tucumán*, *pp.* 33-48.

Guerrero, J. P., Tasambay, A., Cofre, F., Jácome, C., Valverde, C., & Jiménez, Y. (2020). Evaluación y restauración ecológica "Lisan Wasi" comunidad San Pedro, parroquia Tarqui, Cantón Pastaza. *Ciencia y Tecnología, 13*(1), *pp.* 17-25.

Gutiérrez, B. N., & Flores, A. (2018). Captura de carbono y modelos alométricos para estimar biomasa en rodales naturales de Pinus oocarpa Schl. et Cham. en Chiapas, México. *Foresta Veracruzana, 20*(2), *pp.* 21-28.

Hernández, L., & Reyna, C. (2016). Manual de campo para el establecimiento y remedición de parcelas permanentes de muestreo forestal en el Parque Nacional Machalilla. *Publicaciones ULEAM, Primera edición, pp.* 26-27.

Hernández, M. (2018). Diversidad, estructura y captura de CO2 de la flora urbana del municipio de Galeras, Departamento de Sucre, Colombia.

Honorio, E., & Baker, T. R. (2010). Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos.

Hutchinson, I. (1992). Puntos de partida y muestreo diagnótico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. *CATIE., Serie técnica. Informe Técnico No.204.*

IPCC. (2006). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 4: Tierras forestales. *Task Force on National Greenhouse Gas Inventories., 4: Agricultura, silvicultura y otros servicios de la tierra*.

IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. *Intergovernmental Panel on Climate Change.*

IPCC. (2020). Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. *IPCC, WMO, UNEP*.

Jadán, O., Quizhpe, W., Pacheco, E., Aguirre, Z., González, M., Ponce, E., & Peña, D. (2017). Riqueza florística y carbono almacenado en tres pisos altitudinales de bosques amazónicos, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Bosques Latitud Cero, 7*(1).

Jiménez, D., & Becerra, D. (2011). Efecto de la iluminación de copa sobre el crecimiento de árboles de nuesve especies forestales, y sus implicaciones para el manejo forestal en la Estación Científica San Francisco. *Universidad Nacional de Loja*.

Jumbo, C. A., Arévalo, C. D., & Ramirez, L. J. (2017). Medición de carbono del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza, Ecuador. *La Granja, 27*(1), *pp.* 51-63. doi: 10.17163/lgr.n27.2018.04

León, S., Velencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C., & Navarrete, H. (2011). Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador. *2da edición*, 40-44.

López, H. G., Vaides, E. E., & Alvarado, A. (2018). Evaluación de carbono fijado en la biomasa aérea de plantaciones de teca en Chahal, Alta Verapaz, Guatemala. *Agronomía Costarricense, 42*(1), *pp.* 137-153.

López, V., Espíndola, F., Calles, J., & Ulloa, J. (2019). *Amazonía ecuatoriana bajo presión*.

Luccini, E., Flores, M., Ramírez, K., Pérez Pinedo, H., Herrera, L. A., Parodi, M., . . . Mechini, M. (2018). Análisis comparativo de la captura y almacenamiento de CO2 por especies vegetales de tres ecosistemas en Perú.

MAE. (2008). Acuerdo Ministerial Nº 169: Proyecto "Socio Bosque" del Gobierno de la República del Ecuador.

MAE. (2009). Acuerdo Ministerial Nº 115: Manual Operativo del Proyecto Socio Bosque.

MAE. (2012). Estatregia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025. *Ministerio del Ambiente. Quito,Ecuador, Primera edición*.

MAE. (2013a). Acuerdo Ministerial Nº 131: Programa Nacional de Incentivos a la Conservación y Uso Sostenible del Patrimonio Natural "Socio Bosque".

MAE. (2013b). Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental. *Subsecretaria de Patrimonio Natural. Quito*.

MAE. (2016). Bosques para el Buen Vivir - Plan de Acción REDD+ Ecuador (2016-2025). *REDD+ del Ecuador. Quito, Ecuador*.

MAE. (2017). Deforestación del Ecuador Continental periodo2014-2016. *Ministerio del Ambiente*.

MAE. (2018). Décima reunión de la mesa de trabajo REDD+: Bosques para el Buen Vivir-Ecuador. *Ministerio del Ambiente*.

Maldonado, K. (2016). Estructura y Composición Florística, posterior al aprovechamiento de un Bosque Húmedo Tropical en el Nororiente de la Amazonía Ecuatoriana. *Universidad Técnica del Norte. Ingeniería Forestal, pp.* 36-40.

Maldonado, S. (2018). Estructura y composición florística de un bosque siempreverde montano bajo en Palanda, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Arnaldoa, 25*(2). doi: 10.22497/arnaldoa.252.25216

Martel, C., & Cairampoma, L. (2012). Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en" cicra", Madre de Dios (Perú). *Ecología Aplicada, 11*(2), *pp.* 59-65.

MINAM. (2015). Guía de flora y vegetación *Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural., pp.* 22-30.

Mora, C., Burbano, O., Méndez, C., & Castro, D. (2017). Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (Quercus L.) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 14*(35), *pp.* 68-75.

Moreno, C. (2000). *Métodos para medir la biodiversidad. Volumen 1*: Manuales y tesis SEA.

Moreno, C. (2001). *Manual de métodos para medir la biodiversidad*: Universidad Veracruzana.

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR), pp.* 17-20.

Neill, D., Palacios, W., Cerón, C., & Mejía, L. (1993). *Composition and Structure of Tropical Wet Forest in Amazonian Ecuador.* Paper presented at the Diversity and Edaphic Differentiation Association For Tropical Biology, Annual Meeting Pto. Rico.

Ojeda, W. (1983). Factor de forma preliminar para seis familias de especies forestales tropicales. *Revista Forestal del Perú, 11*(1-2), *pp.* 95-100.

Orjuela, H. B. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas, 35*(1), *pp.* 82-96.

Orrego, S., & Del Valle, J. (2001). *Existencias y tasas de incremento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios y secundarios de Colombia.* Paper presented at the Valdivia: Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales.

Palacio, W., & Jaramillo, N. (2001). Riqueza florística y forestal de los bosques tropicales húmedos del Ecuador e implicaciones para su manejo. *Recursos Naturales y Ambiente*(36).

Patiño, J., Lozano, P., Tipán, C., Navarrete, H., López, R., Asanza, M., & Torres, B. (2015). Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700

m snm en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 4*(2), *pp.* 166-214.

Patiño, S., Suárez, L., Hernán, A., & Segura, M. (2018). Captura de carbono en biomasa en plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Armero-Guayabal, Tolima, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. doi: 10.22490/21456453.2312

Paucar, M. A., & Valdivieso, C. G. (2017). *Caracterización de la regeneración natural del bosque de la Estación Científica Kutukú, parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Macas.*

Paz, F., Velázques, A., & Matínez, M. (2018). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2018. Serie Síntesis Nacionales: Texcoco, Estado de México, México: Programa Mexicano del Carbono-Centro de ….

PDOT-PAhuano. (s.f.). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Ahuano. 2015-2030.

PDOT-Tena. (2014). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Administracion 2014-2019. *Gobierno Autonomo Descentralizado Municipal del Cantón Tena*.

Pitman, N., Terborgh, J. W., Silma, M. R., Núñez, P., Neill, D. A., Cerón, C., . . . Aulestia, M. (2002). A Comparison of Tree Species Diversity in Two Upper Amazonian Forests. *Ecological Society of America, p. 83*.

Prüssmann, J., Suárez, C., & Chaves, M. (2017). Atlas de oportunidades de conservación en el bioma amazónico bajo consideraciones de cambio climático. Iniciativa Visión Amazónica. *Redparques, WWF, FAO, UICN, PNUMA*.

Quiceno, N., Tangarife, G., & Álvarez, R. (2016). Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena Piapoco Chigüiro-Chátare de Barrancominas, departamento del Guainía (Colombia). *Luna Azul* (43), *pp.* 171-202.

Quispe, A. (2018). Medición de altura. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 4.

Rendón, F. (2009). Estudio Taxonómico de la Familia Combretaceae en el Estado de Jalisco, México.

Rodríguez, J., & Pratt, L. (1998). Potencial de Carbono y Fijación de Dióxido de Carbono de la Biomasa en Pie por Encima del Suelo en los Bosques de Guatemala. *Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible. Ciudad de Guatemala: CLACDS*.

Rügnitz, M., Chacón, M., & Porro, R (2012). *Guía para la determinación de carbono en pequeña propiedades rurales*: World Agroforestry Centre.

Salgado, M., Ruiz, C., Moreno, J., Irena, B., & Aguirre, J. (2018). Captura de carbono en biomasa aérea de árboles de sombra asociados a Coffea arabica L. en el Soconusco Chiapas, México. *AGROProductividad, 11*(2).

Samaniego, E. O. (2015). *Líneas estratégicas para el manejo del bosque húmedo tropical premontano en la estribación oriental del Parque Nacional Llanganates, Ecuador.* Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca.

Sánchez, Y. A. (2012). Elaboración de tablas de volumenes y determinación de factores de forma de las especies forestales: chuncho (Cedrelinga cateniformes), laurel (Cordia alliodora), sangre de gallina (Otoba sp.), ceido (Ceiba samauma) y canelo (Nectandra sp.), en la provincia de Orellana. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.

Schmidt, H. (1977). Dinámica de un Bosque Virgen de Araucaria—Lenga (Chile). *Bosque, 2*(1), *pp.* 3-11.

Sione, S., Ledesma, S., Rosenberger, L., Oszust, J., Carpp, I., Wilson, M., . . . Sasal, M. C. (2019). Fracción de carbono en la biomasa de Prosopis affinis sprengel (Fabaceae) en un bosque nativo del espinal (Argentina). *Agronomía & Ambiente, 39*(1).

Solomon, E. P., & Berg, L. R. (2013). Biología. *Cengage Learning Editores, S.A de C.V., Novena edición, pp.* 1203-1204.

Swaine, M., Lieberman, D., & Putz, F. (1987). The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. *Journal of tropical ecology*, *pp.* 359-366.

Tierres, J. C., Chávez, D., Segura, E., & Cabrera, M. (2020). Potencial de carbono en el estrato arbóreo de un bosque siempreverde de tierras bajas, Sucumbíos-Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales, 8*(2), *pp.* 282-295.

Torres, B., & Caicedo, E. (2016). *Diversidad florística, concentración de biomasa aérea y carbono (C) en un bosque siempre verde tierras bajas de 300 a 400 msnm., en la Amazonía Ecuatoriana.* Quevedo: UTEQ.

Torres, J., Mena, V., & Álvarez, E. (2017). Carbono aéreo almacenado en tres bosques del Jardín Botánico del Pacífico, Chocó, Colombia. *Entramado, 13*(1), *pp.* 200-209.

Vasquez, J. (2013). Relaciones alométricas del diámetro, altura y copa de especies arbóreas según su tolerancia a la sombra y sus estratos verticales en Tamshiyacu, Loreto, Perú. . *Universidad Nacional de la Amazonía Peruana*.

Vasquez, W. (2019). Almacenamiento de carbono de la biomasa áerea de un bosque de colina baja de la cuenca del río Oroza, Loreto, Peru. 2016. *Universidad Nacional de la Amazonía Peruana*.

Vázquez, I., Castillo, O., Valdez, J. I., Zavala, J., & Martínez, J. L. (2011). Estructura y composición florística de la selva alta perennifolia en el ejido Niños Héroes Tenosique, Tabasco, México. *Polibotánica* (32), *pp.* 41-61.

Vicuña, E., Barker, T., Banda, K., Honorio, E., Monteagudo, A., Phillips, O., . . . Vasquez, R. (2018). El sumidero de carbono en los bosques primarios amazónicos es una oportunidad para lograr la sostenibilidad de su conservación. *Folia Amazónica, 27*(1), *pp.* 101-109.

Vormisto, J., Svenning, J., Hall, P., & Balslev, H. (2004). Diversity and dominance in palm (Arecaceae) communities in terra firme forests in the western Amazon basin. *Journal of Ecology, 92*(4), *pp.* 577-588.

Walker, W. S., Gorelik, S. R., Baccini, A., Aragon, J. L., Josse, C., Meyer, C., . . . Katan, T. (2020). The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 117*(6), *pp.* 3015-3025.

Watson, J. E., Evans, T., Venter, O., Williams, B., Tulloch, A., Stewart, C., . . . Salazar, A. (2018). The exceptional value of intact forest ecosystems. *Nature ecology & evolution, 2*(4), *pp.* 599-610.

Wittmann, F., Schöngart, J., Montero, J. C., Motzer, T., Junk, W. J., Piedade, M. T., . . . Worbes, M. (2006). Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across the Amazon Basin. *Journal of biogeography, 33*(8), *pp.* 1334-1347.

7. APENDICE

Tabla A 1
Análisis de datos por familia

Familia	Nº de individuos	Nº de especies	Área basal (m2)	Biomasa aérea (t/ha)	Carbono almacenado (tC/ha)	CO2 capturado (tCO2/ha)
Anacardiaceae	5	1	0.28	30.7	15.1	55.3
Annonaceae	11	2	0.06	3.3	1.6	6
Apocynaceae	12	2	0.15	2.8	1.4	5
Araliaceae	1	1	0.02	0.14	0.07	0.24
Arecaceae	43	3	0.58	17.18	8.4	30.9
Boraginaceae	2	1	0.25	18.3	9	33
Clusiaceae	9	2	0.13	2.4	1.2	4.3
Combretaceae	4	1	1.67	244.8	120	440.3
Cyatheaceae	1	1	0.02	0.06	0.03	0.11
Euphorbiaceae	19	3	0.02	0.12	0.06	0.21
Fabaceae	4	2	0.33	25.96	12.7	46.7
Indeterminada	28	7	0.28	10.8	5.3	19.5
Lamiaceae	1	1	0.13	6.3	3.1	11.4
Lauraceae	14	3	0.70	52	25.5	93.4
Lecythidaceae	4	2	0.08	1.9	0.90	3.40
Malvaceae	6	2	0.12	2.9	1.4	5.3
Melastomastacea	14	1	0.03	0.55	0.27	1.00
Meliaceae	36	3	0.50	41.8	20.5	75.1
Mimosaceae	25	3	0.36	19.3	9.5	34.7
Monimiaceae	1	1	0.01	0.1	0.05	0.18
Moraceae	9	3	0.67	75	36.8	135
Myristicaceae	30	1	0.35	22.9	11.2	41.1
Myrtaceae	13	1	0.04	1.3	0.65	2.40
Phyllanthaceae	2	1	0.03	0.53	0.6	0.96
Piperaceae	1	1	0.13	2.2	0.29	1.07
Proteaceae	2	1	0.14	10	5	18.2

Sapotaceae	30	2	0.21	37.6	18.4	67.6
Solanaceae	3	1	0.23	6	3	11
Theophrastaceae	3	1	1.37	72.3	35.4	130
Urticaceae	2	2	0.03	0.32	0.15	0.57
Violaceae	12	1	0.03	0.33	0.16	0.58
TOTAL	347	57		709.89	347.39	1,274.51
					TOTAL PROMEDIO	

Tabla A 2
Análisis de datos por especies

Familia	Especie	Nº de individuos	DAP (m)	Altura (m)	Área Basal (m2)	Volumen (m3)	Biomasa aérea (t)	Carbono almacenado (t)	CO2 capturado (t)
Anacardiaceae	*Tapiria guianensis*	5	0,47	14,91	0,28	3,99	15,38	1,51	5,53
Annonaceae	*Unonopsis floribunda*	9	0,29	9,82	0,09	0,73	0,40	0,20	0,72
Annonaceae	*Xilopia sp.*	2	0,19	5,63	0,03	0,078	0,029	0,014	0,053
Apocynaceae	*Aspidosperma myristicifolium*	2	0,54	15,07	0,26	2,85	1,31	0,64	2,35
Apocynaceae	*Tabernaemontana sananho*	10	0,20	5,47	0,04	0,13	0,072	0,035	0,13
Araliaceae	*Dendropanax arboreus*	1	0,15	3,84	0,02	0,034	0,014	0,007	0,024
Arecaceae	*Geonoma brongniartii*	4	0,12	4,01	0,01	0,023	0,007	0,003	0,013
Arecaceae	*Iriartea deltoidea*	38	0,47	15,67	0,20	2,1	1,84	0,9	3,3
Arecaceae	*Oenocarpus bataua*	1	1,40	17,79	1,54	13,69	4,11	2,01	7,39
Boraginaceae	*Cordia ucayaliensis*	2	0,52	12,05	0,25	2,06	1,83	0,9	3,3
Clusiaceae	*Chrysochlamys bracteolata*	6	0,28	7,22	0,08	0,38	0,3	0,14	0,53
Clusiaceae	*Garcinia macrophylla*	3	0,23	5,56	0,05	0,17	0,13	0,066	0,24
Combretaceae	*Terminalia amazonia*	4	1,30	36,63	1,67	40,14	24,48	12	44,03
Cyatheaceae	*Cyathea patens*	1	0,14	2,68	0,02	0,021	0,006	0,003	0,011
Euphorbiaceae	*Alchornea glandulosa*	1	0,12	3,40	0,01	0,019	0,013	0,007	0,024
Euphorbiaceae	*Aparisthmium cordatum*	15	0,13	4,01	0,01	0,029	0,011	0,006	0,021
Euphorbiaceae	*Caryodendron orinocense*	3	0,16	4,18	0,02	0,042	0,013	0,006	0,023
Fabaceae	*Andira spp*	1	0,18	5,26	0,03	0,067	0,038	0,019	0,069
Fabaceae	*Pterocarpus amazonum*	3	0,90	32,27	0,64	10,45	3,45	1,69	6,2

Indeterminada	Sp1	5	0,16	4,15	0,02	0,046	0,014	0,007	0,025
Indeterminada	Sp2	7	0,48	11,07	0,49	9,83	2,95	1,45	5,31
Indeterminada	Sp3	10	0,25	8,83	0,06	0,35	0,1	0,05	0,19
Indeterminada	Sp4	1	0,40	5,26	0,13	0,33	0,1	0,049	0,178
Indeterminada	Sp5	2	0,13	3,18	0,01	0,021	0,006	0,003	0,012
Indeterminada	Sp6	2	0,34	9,8	0,09	0,44	0,13	0,064	0,24
Indeterminada	Sp7	1	1,22	46,79	1,17	27,35	8,2	4,02	14,75
Lamiaceae	*Vitex cymosa*	1	0,40	17,10	0,13	1,07	0,63	0,31	1,14
Lauraceae	*Aniba riparia*	10	0,43	11,54	0,25	3,03	1,27	0,62	2,29
Lauraceae	*Ocotea floribunda*	1	0,14	3,11	0,02	0,024	0,012	0,006	0,022
Lauraceae	*Ocotea quixos*	3	1,00	18,49	1,84	39,21	20	9,8	35,96
Lecythidaceae	*Grias neuberthi*	3	0,33	8,42	0,12	0,81	0,24	0,12	0,44
Lecythidaceae	*Gustavia macarenensis*	1	0,20	3,84	0,03	0,06	0,033	0,016	0,06
Malvaceae	*Herrania cuatrecasana*	3	0,24	5,65	0,05	0,19	0,06	0,027	0,1
Malvaceae	*Sterculia apeibophylla*	3	0,45	12,79	0,18	1,4	0,53	0,26	0,95
Melastomastacea	*Miconia sp.*	14	0,19	4,53	0,03	0,079	0,055	0,027	0,098
Meliaceae	*Cabralea canjerana*	3	0,15	5,01	0,02	0,068	0,027	0,013	0,049
Meliaceae	*Cedrela odorata*	1	1,15	38,83	1,04	20,16	7,26	3,56	13,05
Meliaceae	*Guarea guidonia*	32	0,55	13,30	0,43	6,12	4,67	2,19	8,04
Mimosaceae	*Inga pavoniana*	23	0,34	9,48	0,20	3,26	1,89	0,92	3,4
Mimosaceae	*Inga sp.*	1	0,70	21,33	0,38	4,1	2,38	1,17	4,28
Mimosaceae	*Stryphnodendron sp.*	1	0,80	32,45	0,50	8,16	2,45	1,2	4,4
Monimiaceae	*Siparuna eriocalyx*	1	0,13	4,93	0,01	0,033	0,01	0,005	0,018
Moraceae	*Batocarpus costaricensis*	5	0,84	18,43	1,07	22,94	11,47	5,62	20,63
Moraceae	*Batocarpus orinocensis*	2	0,13	3,80	0,01	0,022	0,011	0,005	0,02

Moraceae	*Ficus obtusifolia*	2	1,06	22,46	0,94	11,82	5,08	2,49	9,14
Myristicaceae	*Otoba glycycarpa*	30	0,52	15,74	0,35	5,32	2,29	1,12	4,11
Myrtaceae	*Myrciaria floribunda*	13	0,21	4,20	0,04	0,12	0,13	0,07	0,24
Phyllanthaceae	*Hyeronima alchorneoides*	2	0,19	3,72	0,03	0,05	0,053	0,026	0,097
Piperaceae	*Piper aduncum*	1	0,41	8,45	0,13	0,56	0,22	0,11	0,39
Proteaceae	*Euplassa sp.*	2	0,36	12,95	0,14	1,49	1	0,5	1,82
Sapotaceae	*Chrysophyllum venezuelanense*	3	0,25	6,39	0,06	0,26	0,13	0,06	0,23
Sapotaceae	*Pouteria baehniana*	27	0,53	16,16	0,36	5,63	4,16	2,04	7,49
Solanaceae	*Brunfelsia grandiflora*	3	0,44	11,11	0,23	2,01	0,6	0,3	1,08
Theophrastaceae	*Clavija harlingii*	3	1,26	30,09	1,37	24,11	7,23	3,54	13
Urticaceae	Cecropia herithae	1	0,16	6,70	0,02	0,067	0,027	0,013	0,048
Urticaceae	Pourouma minor	1	0,23	4,38	0,04	0,091	0,037	0,018	0,067
Violaceae	*Leonia crassa*	12	0,18	3,80	0,03	0,055	0,032	0,016	0,059
TOTAL PROMEDIO		347	24,74	673,73	17,27	277,72	138,92	61,97	227,39

Tabla A 3
Matriz de Marco Lógico

	RESUMEN NARRATIVO DE OBJETIVOS	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN	Contribuir al equilibrio ecológico en la zona de estudio	A los 5 años se evidencia que la Comunidad Pasu Urku mejora la estabilidad económica Un 60% de los bosques primarios no presentan perturbaciones.	Análisis estadísticos Informe técnico	Buenas prácticas ecológicas implantadas por la comunidad en sus fincas.
PROPOSITO	Proponer la participación en proyectos para la conservación de bosques primarios	Al primer año del proyecto, la comunidad se integra a la conservación. Al segundo año un 68% de fincas son conservadas.	Informe anual de los avances generados Análisis estadísticos	Se mantiene las actividades de conservación junto con el apoyo económico.
COMPONENTE	C1. Conocimiento de la importancia de los ecosistemas forestales. C2. Implementación de proyectos de buenas prácticas ambientales. C3. Mejoramiento en la distribución de cultivos en el terreno.	1.1. El 60 % de la comunidad toma consciencia sobre el valor de sus bosques. 2.1. Las inspecciones y talleres sobre el proyecto, lo realiza los técnicos del MAE. 3.1. El 50 % de las fincas trabajan de forma tecnificada en sus cultivos.	Convenios Actas de reunión Fotografías Informes técnicos Registro de campo	Continua el incentivo económico en la comunidad por la conservación del bosque primario
ACTIVIDADES	A1. Capacitación mediante mesas de trabajo en temas de educación ambiental. A2. Preservación de bosques primarios mediante incentivos económicos del Proyecto Socio Bosque. A3. Planificación para el desarrollo agrícola mediante modelo de desarrollo sostenible “Sistema Chacra”.	1.1. Una mesa de trabajo en temas “Educación ambiental” a un costo de $70. 2.1. Actualización de documentos y requisitos establecidos por el MAE, a un costo $ 50. 3.1. Dos talleres anuales en temas “Sistema chacra” por técnicos de Wiñak a un costo $400 c/u	Registro de asistencia Documentos aprobados Informe técnico	La comunidad toma conciencia y contribuyen en la conservación de los recursos naturales.

Tabla A 4
Temáticas de la mesa de trabajo sobre Educación ambiental

Modulo	Temas	Sub-temas
1. Ecología	1.1.Ecología	1.1.1.Definición de ecología
		1.1.2.Componentes del ambiente
		1.1.3.Dinámica de las poblaciones
		1.1.4.Biomasa
		1.1.5.Biodiversidad
	1.2.Conexión con la biodiversidad	1.2.1.Ecología y el ser humano
	1.3.Conexión con el medio ambiente	1.3.1.Efecto invernadero
		1.3.2.Cambio climático
2. Ecosistemas forestales	2.1.Los bosques	2.1.1.Árbol, bosque y suelo
		2.1.2.Almacenamiento de carbono
		2.1.3.Reforestación y deforestación
3. Participación comunitaria	3.1.Comunidades indígenas	3.1.1.Costumbres y tradiciones de las comunidades indígenas
		3.1.2.Aprovechamiento de recursos naturales
	3.2.Conservación	3.2.1.Sistemas agropecuarios en la amazonia
		3.2.2.Tala indiscriminada de árboles maderables
		3.2.3.Conservación de bosques
		3.2.4.Un futuro sin bosques tropicales

Tabla A 5
Criterios de selección para cobertura boscosa y otras formaciones vegetales nativas

Variable	Valor	Sub-variable	Mecanismo		Valor
Nivel de amenaza (NA)	9	Cercanía a vías de acceso	Distancia a vías de acceso	Alta	9
				Media	6
				Baja	3
			Pendiente	Terreno con pendiente superior a 4	-
		Patrones históricos de deforestación	Uso de suelo y cobertura vegetal		-
			Identificación de las causas de la deforestación		-
Servicios Ambientales (SA)	10	Refugio de biodiversidad	Muy alta		4
			Alta		3
			Media		2
			Baja		1
		Regulación Hidrológica	Alta		3
			Media		2
			Baja		1
		Almacenamiento de carbono	Alta		3
			Media		2
			Baja		1
Nivel de Pobreza (NP)	3	Necesidades básicas insatisfechas	Parroquia Pobre (≥ 65 % NBI)		3
			Parroquia no Pobre (< 65 % NBI)		0

Adaptado de "Manual Operativo del Proyecto Socio Bosque" por MAE. (2009). Acuerdo Ministerial Nº 115.

Tabla A 6
Estructura del Incentivo y el Mecanismo de Transferencia

Estructura 1: Personas Naturales		
Categoría		Categoría/Límites/Hectárea
única	1 ha a 20 ha	$60/ha/año
Estructura 1: Personas Naturales		
1	1 ha a 50 ha	$30/ha/año
2	51 ha a 100 ha	$30/ha/año las primeras 50 h y $20/ha/año las siguientes 50 ha
3	101 ha a 500 ha	$30/ha/año las primeras 50 h, $20/ha/año las siguientes 50 ha y $10/ha/año para las hectáreas adicionales entre 101 y 500
4	501 ha a 5000 ha	$30/ha/año las primeras 50 h, $20/ha/año las siguientes 50 ha y $10/ha/año para las hectáreas adicionales entre 501 y 5000
5	5001 ha 10000 ha	$30/ha/año las primeras 50 h, $20/ha/año las siguientes 50 ha y $10/ha/año para las hectáreas adicionales entre 5001 y 10000
6	10001 ha en adelante	$30/ha/año las primeras 50 h, $20/ha/año las siguientes 50 ha y $10/ha/año para las hectáreas en adelante

Adaptado de "Manual Operativo del Proyecto Socio Bosque" por MAE. (2009). Acuerdo Ministerial Nº 115.

Tabla A 7
Temáticas de talleres para la aplicación de Sistemas Agroforestales Chacras

Temas	Sub-Temas
Sistema Chakra	Definición del Sistema Chakra
	Chakra Kichwa Amazónica
	Principios y reglas de la Chakra del SPG
Modelo de Gestión del SGP sello Chakra	Chakras, Chakramamas y Chakrayayas
Proceso de acreditación y otorgamiento del sello chakra	Fase 1: Acreditación
	Fase 2: Otorgamiento
	Fase 3: Publicación
Mecanismos de control, monitoreo y mejora	Visitas de verificación
	Consejos de mejora
	Rendición de cuentas

A 8*: Fotografías de la fase de campo del proyecto de investigación*



Fotogr. 1: Equipo de trabajo



Fotogr. 2: Identificación del lugar



Fotogr. 3: Georreferenciación de transecto



Fotogr. 4: Delimitación de transecto



Fotogr. 5: Numeración de árboles



Fotogr. 6: Medición del DAP



Fotogr. 7: Medición de altura total



Fotogr. 8: Identificación de especies



Fotogr. 9: Registro de datos