



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

“Diversidad florística y estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea de un bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe”

Trabajo de Titulación previa a la obtención
del título de Ingeniera Forestal

AUTOR:

Bertha Nathaly Alvarado Sarango

DIRECTOR:

Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2022

CERTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Loja, 19 de Julio del 2022

Darío Veintimilla M.Sc.
Centro de Investigaciones Tropicales del
Ambiente y la Biodiversidad – CITIAB
Docente de la Carrera de Ingeniería Forestal
Universidad Nacional de Loja Av. Pio
Jaramillo Alvarado s/n sector la Argelia, Loja,
Ecuador
Email: dario.veintimilla@unl.edu.ec

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Diversidad florística y estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea de un bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor-Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe”** previo a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, de autoría de la estudiante **Bertha Nathaly Alvarado Sarango**, con cédula de identidad **1150283941**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Atentamente



Firmado electrónicamente por:
**DARIO ALFREDO
VEINTIMILLA
RAMOS**

Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos MSc.
Director del trabajo de titulación
CI. 1103522346

AUTORÍA

Yo, **Bertha Nathaly Alvarado Sarango**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1150283941

Fecha: 01 de noviembre de 2022

Correo electrónico: bertha.alvarado@unl.edu.ec

Teléfono: 0990029097

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular o de Titulación

Yo, **Bertha Nathaly Alvarado Sarango**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **“Diversidad florística y estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea de un bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe”**, como requisito para optar el título de: **Ingeniera Forestal**, autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 01 días del mes de noviembre del dos mil veintidós.

Firma:



Autora: Bertha Nathaly Alvarado Sarango

Número de cédula: 1150283941

Dirección: Loja, Sol de los Andes

Correo electrónico: bertha.alvarado@unl.edu.ec

Teléfono: 0990029097

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Titulación: Ing. Darío Veintimilla Ramos Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Zhofre Huberto Aguirre Mendoza PhD., Presidente

Ing. Paul Alexander Eguiguren Velepucha Mg. Sc., Vocal

Ing. Juan Armando Maita Chamba Mg. Sc. Vocal

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por ser guía en mi camino, por su protección y su infinito amor; a mis padres, y de manera muy especial a mi madre, por ser motivo de inspiración y ambición de seguir adelante, por su apoyo y amor brindado en cada etapa de mi vida; a mis amigos por ser luz y acompañarme en esta etapa. Y finalmente dedico este trabajo a todos los que creyeron en mí, me brindaron su apoyo y confianza, y me ayudaron en mi crecimiento personal y profesional.

Bertha Nathaly Alvarado Sarango

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme cumplir una meta más en mi vida, por acompañarme en mis momentos bajos y por guiarme con su paciencia y su amor; a mis padres por formar parte de cada momento de lucha en mi vida; agradezco a Martin Landi por mostrarme que hay una manera más bonita de ver la vida, por su amor y por sostener mi mano y cuidarme en los momentos más difíciles.

A la Universidad Nacional de Loja y a sus docentes que contribuyeron a mi formación; al Ing. Darío Veintimilla (director de tesis) por guiarme con su conocimiento y apoyarme en la elaboración y revisión del documento de tesis, gracias a su disponibilidad y amabilidad pude realizar de mejor manera el presente trabajo; al Ing. Nelson Jaramillo por su apoyo en la fase de campo y en la identificación de especies.

Agradezco a los ingenieros Darwin Berru y Karen Agurto, por la hospitalidad y permitirme realizar el estudio en su terreno; al ingeniero Diego por su amistad y por su colaboración en el desarrollo de la investigación.

Finalmente, agradezco a mi persona, por no rendirme y superarme cada día.

A todos, ¡Gracias!

Bertha Nathaly Alvarado Sarango

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
CERTIFICADO TRABAJO DE TITULACIÓN - DIRECTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico.....	7
4.1. Los Bosques Tropicales del mundo.....	7
4.2. Bosques Tropicales del Ecuador.....	7
4.3. Bosques Tropicales de Zamora Chinchipe	8
4.3.1. Bosques piemontanos de la provincia de Zamora Chinchipe.....	9
4.4. Ecosistema del área de estudio	9
4.4.1. Bosque siempreverde piemontano de las Cordilleras Cóndor-Kutukú	9
4.5. Cobertura Vegetal	10
4.6. Composición florística.....	10
4.7. Estructura Vertical	10

4.8. Estructura Horizontal.....	11
4.9. Parámetros estructurales	11
4.9.1. Densidad (D).....	11
4.9.2. Densidad relativa (Dr) %	11
4.9.3. Dominancia relativa (DmR) %	11
4.9.4. Frecuencia relativa (Fr)	11
4.9.5. Índice de valor de importancia (IVI)	11
4.10. Diversidad.....	12
4.10.1. Tipos de diversidad.....	12
4.10.2. Índices para medir la diversidad alfa	12
4.11. Servicios Ecosistémicos que brindan los bosques	13
4.12. Almacenamiento de Carbono.....	13
4.12.1. Importancia del almacenamiento de carbono en los bosques tropicales	14
4.13. Biomasa	14
4.13.1. Biomasa Forestal	14
4.14. Métodos para la estimación de Biomasa forestal.....	15
4.14.1. Métodos directos.....	15
4.14.2. Métodos indirectos	15
4.14.3. Sensores remotos	15
4.14.4. Modelos alométricos.....	16
4.15. Estudios realizados en ecosistemas similares	16
5. Metodología.....	18
5.1. Área de estudio	18
5.2. Metodología para caracterizar la composición, estructura y diversidad del componente arbóreo del bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia Zamora Chinchipe.....	19

5.2.1.	Selección del área de estudio.....	19
5.2.2.	Registro de información del componente arbóreo.....	20
5.2.3.	Estructura de la vegetación.....	20
5.2.4.	Diversidad específica determinada mediante índice de Shannon.....	22
5.3.	Metodología para estimar el carbono de la biomasa aérea del componente arbóreo del bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia Zamora Chinchipe	23
5.3.1.	Cálculo de la biomasa acumulado en el estrato arbóreo.....	23
5.3.2.	Cálculo de la biomasa acumulada en palmas	24
5.3.3.	Cálculo de carbono acumulado en la biomasa arbórea.....	24
5.3.4.	Índice de valor de importancia de biomasa (BIV).....	25
6.	Resultados.....	26
6.1.	Caracterización de la composición, estructura y diversidad del componente arbóreo del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe.....	26
6.1.1.	Composición florística del área de estudio.....	26
6.1.2.	Estructural del bosque	27
6.1.3.	Diversidad Específica	31
6.2.	Estimación de biomasa y carbono del componente arbóreo del bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia Zamora Chinchipe.....	31
6.2.1.	Biomasa aérea y carbono almacenado.....	31
6.2.2.	Índice de valor de importancia de biomasa (BIV).....	33
7.	Discusión	35
8.	Conclusiones.....	40
9.	Recomendaciones	42

10. Bibliografía 43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formato de hoja de registro de campo para árboles.....	20
Tabla 2. Matriz para el cálculo del índice de Shannon por especie.	23
Tabla 3. Escala de significancia para calificar la diversidad alfa del bosque.	23
Tabla 4. Familias botánicas con mayor número de especies en el bosque siempreverde piemontano de la cordillera del Condor-Kutukú.....	27
Tabla 5. Biomasa arbórea y de palmas.....	32
Tabla 6. Proporción del carbono almacenado por clases diamétricas	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación espacial del área de estudio.	18
Figura 2. Bosque siempreverde piemontano de Cordillera del Cóndor-Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe.	19
Figura 3. Instalación de parcelas en Timbara, Zamora Chinchipe.....	19
Figura 4. Medición los individuos con un $DAP_{1.30} \geq 10$ cm.	20
Figura 5. Composición florística del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.	26
Figura 6. Estructura vertical del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.	28
Figura 7. Porcentaje de especies representadas en cada estrato forestal como medida para definir el patrón de distribución vertical.	29
Figura 8. Estructura horizontal por clases diamétricas del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.....	30
Figura 9. Parámetros estructurales del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.	31
Figura 10. Biomasa aérea y carbono almacenado del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.....	31
Figura 11. Índice de valor de importancia de biomasa BIV del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.	31

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Índice de posición social relativa (RSPI)	53
Anexo 2. Parámetros estructurales del estrato arbóreo	54
Anexo 3. Biomasa y carbono almacenado en el estrato arbóreo	56
Anexo 4. Índice de valor de importancia de biomasa BIV registradas en el Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.	62
Anexo 5. Certificado de traducción	64

Diversidad florística y estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea de un bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe

2. RESUMEN

Los boques tropicales amazónicos poseen variedad de especies y son reconocidos por su gran biodiversidad y captura de carbono, pero se ven amenazados por la presión antrópica que ejerce el cambio de uso de tierra. El objetivo de la investigación fue conocer la composición, estructura, diversidad del componente arbóreo y la potencialidad de almacenamiento de carbono del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe. Se instalaron cinco parcelas de 20×20 m (400 m^2), en las cuales se inventariaron todos los individuos con un DAP ≥ 10 cm. Se registró la composición arbórea, como también los parámetros estructurales para determinar el índice de valor de importancia (IVI), adicionalmente, se determinó el índice de posición social relativa (RPSI) y el índice de diversidad de Shannon. La biomasa aérea se calculó mediante una ecuación alométrica, el contenido de carbono se multiplicó la biomasa estimada por el factor 0,47 y se determinó el índice de valor de importancia de biomasa (BIV). Se registraron 156 individuos distribuidos en 48 especies, 38 géneros y 22 familias botánicas. Se encontró un patrón de distribución vertical discontinuo, determinado por el 66,67 % de las especies en un solo estrato. La distribución de clases diamétrica presentó una tendencia de J invertida. Las especies ecológicamente más importantes son: *Aniba muca*, *Wettinia maynensis*, *Jacaranda copaia*, *Vochysia* sp. y *Ladenbergia oblongifolia*. El índice de Shannon con un valor de 3,36 muestra que el bosque presenta una diversidad media. Se reportó una biomasa aérea de $287,58 \text{ Mg ha}^{-1}$ y un stock de carbono de $135,16 \text{ Mg ha}^{-1}$. Las especies con mayor índice de valor de importancia de biomasa registradas son: *Aniba muca*, *Jacaranda copaia*, *Wettinia maynensis*, *Vochysia* sp., y *Ladenbergia oblongifolia*. Estos resultados evidencian que en el pasado existió aprovechamiento forestal en el área de estudio, donde el bosque está logrando su recuperación estructural, pero su composición no ha podido volver a su estado original.

Palabras clave: Diversidad florística, captura de carbono, Amazonía, servicios ecosistémicos, densidad.

2.1. ABSTRACT

Amazonian tropical forests have an enormous variety of species and are recognized for their great biodiversity and carbon storage, but they are threatened by anthropic pressure exerted by changes in land use. Within this context, the objective of the research focused on knowing the composition, structure, diversity of the tree component and the carbon storage potential of the Premontane Evergreen Forest of the Cordillera del Cóndor - Kutukú, Timbara parish, Zamora Chinchipe province. Five plots of 20 m × 20 m (400 m²) were installed, in which all individuals with a DBH ≥ 10 cm were inventoried. Tree composition was determined by calculating structural parameters to determine the importance value index (IVI). Diversity was determined using the Shannon index. For the vertical structure, the forest was classified into three strata (high, medium and low) and the relative social position Index (RPSI) was determined. Aerial biomass was calculated using a pantropical allometric equation proposed by Chave et.al (2014), and the biomass importance value index (BIV) was determined. To estimate the carbon content, the estimated biomass was multiplied by the factor 0.47, according to the parameters of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 156 individuals distributed in 48 species, 38 genera and 22 botanical families were recorded. The most ecologically important species are: *Aniba muca*, *Wettinia maynensis*, *Jacaranda copaia*, *Vochysia* sp. and *Ladenbergia oblongifolia*. The Shannon index with a value of 3.36 showed that the forest has medium diversity. On the other hand, the distribution of diameter classes presented an inverted J trend, although with a very low representation of individuals in high diameter classes (> 60 cm DBH), also evidencing a discontinuous vertical distribution pattern, determined by the 66,67 % of species concentrated in a single stratum. An aerial biomass of 287.58 Mg ha⁻¹ and a carbon stock of 135.16 Mg ha⁻¹ were reported. The species with the highest registered biomass importance value index are: *Aniba muca*, *Jacaranda copaia*, *Wettinia maynensis*, *Vochysia* sp. and *Ladenbergia oblongifolia*. These results show that the forest presents patterns of structure and composition marked by anthropic activities such as selective logging. Therefore, it is necessary to continue studying the dynamics of the forest to understand the process of structural recovery and floristic composition.

Keywords: Floristic composition, biomass, carbon sequestration, premontane forest, El Cóndor-Kutukú.

3. INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales se constituyen como los ecosistemas más diversos del planeta, ya que albergan una enorme riqueza de flora y fauna (Montaño, 2021). Son considerados de vital importancia ya que son fuente de bienes y servicios ecosistémicos como la madera y productos no maderables, que brindan importantes ingresos económicos a las comunidades (López, 2007), así como también la regulación hídrica y almacenamiento de carbono (Jiménez, 2021)

El Ecuador es considerado como un país megadiverso, ya que posee una amplia variedad de ecosistemas, especies, etnias y culturas (Sablón Cossío et al., 2018). Por otra parte, los bosques tropicales en Ecuador son de gran importancia y uno de los lugares más biodiversos del mundo (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2014). Por ello es fundamental considerar que la conservación de estos ecosistemas puede contribuir con la permanencia de las especies de flora y fauna, así como también sus servicios ambientales, que en esta época son prioritarios, porque la pérdida de una especie o servicio ambiental es irreversible e implica daños al planeta, y va en detrimento de la calidad de vida del ser humano (Montaño, 2021).

En la parte Sur del país se han encontrado numerosos remanentes de vegetación natural forestal en los cuales se han realizado diversos estudios, especialmente en zonas de alta importancia ecológica como la Cordillera del Cóndor y en la Amazonía (Jadán et al., 2017a). Los bosques presentes en esta zona, a más de su alta diversidad de elementos arbóreos son importantes por su multifuncionalidad ecosistémica, la cual está directamente relacionada con la provisión de servicios ecosistémicos, entre los que se encuentra la captación y almacenamiento de carbono, servicio ecosistémico clave para la mitigación del cambio climático (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2020).

Según Ulloa et al. (2018), el cambio climático y los bosques están estrechamente vinculados; los bosques atrapan y almacenan dióxido de carbono, lo que contribuye significativamente a mitigar los efectos negativos del cambio climático. En este sentido la Unión Europea (EU, 2022), sugiere que una de las mejores estrategias para combatir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera es mejorar el papel de los bosques como sumideros y reservorios de carbono, como por su potencial de captura de gases de efecto invernadero, ello contribuiría a mitigar los efectos del cambio climático, por lo que es importante que se tenga en

cuenta esta función de los bosques cuando se definan estrategias de conservación y manejo sostenible. Cabe señalar que los bosques tropicales juegan un papel transcendental en el almacenamiento y equilibrio del carbono en la atmósfera, ya que ellos pueden llegar a acumular entre 60 y 230 ton C/ha en bosques primarios, y entre 25 y 190 ton C/ha en bosques secundarios, lo que los convierte en sumideros muy importantes (Cuesta et al., 2012). El carbono se almacena en la biomasa aérea y en la materia orgánica del suelo, lo que contribuye con el ciclo del CO₂ (Ibrahim et al., 2013).

A pesar de la gran importancia de los bosques tropicales, estos se enfrentan a numerosas perturbaciones antrópicas que afectan negativamente a su salud y vitalidad, reducen su capacidad de provisión de bienes y servicios ecosistémicos (Izurietta, 2018). Según los datos reportados por el MAE (2018), Ecuador perdió 94 353 hectáreas de bosque. Zamora Chinchipe ha registrado las tasas más altas de deforestación de todas las provincias amazónicas del Ecuador y la segunda a nivel nacional después de la provincia de Esmeraldas (Jadán et al., 2017). Esta presión antropogénica causa la pérdida de la diversidad biológica y altera los servicios ecosistémicos (Uribe, 2015).

A lo anteriormente citado se suma el vacío de conocimiento respecto a ciertos atributos de los bosques naturales remanentes, tales como la estructura y composición florística, información que es fundamental para poder caracterizar su estado de conservación y capacidad de provisión de servicios ecosistémicos, lo que nos permitiría consolidar propuestas de valoración, manejo y conservación integral de los mismos (Mendoza & Jiménez, 2017).

Bajo este contexto, la presente investigación pretende contribuir con información sobre diversidad florística y estimación de almacenamiento de carbono aéreo de un remanente de bosque piemontano en la Cordillera del Cóndor-Kutukú, provincia de Zamora Chinchipe, para ello se plantearon los objetivos:

Objetivo general

Generar información sobre la composición, estructura, diversidad del componente arbóreo y la potencialidad de almacenamiento de carbono del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos específicos

- Caracterizar la composición, estructura y diversidad del componente arbóreo del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe.
- Estimar el carbono de la biomasa aérea del componente arbóreo del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Los Bosques Tropicales del mundo

Los bosques tropicales constituyen alrededor del 40 % de la superficie forestal mundial y contienen cerca de un 60 % de la biomasa forestal del mundo. Estos ecosistemas ocupan cerca del 22 % de cobertura forestal de América del Sur (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [IUCN], 2020).

Los bosques tropicales son importantes por la provisión de bienes maderables y no maderables, siendo un sustento para las comunidades locales y grupos humanos dependientes de ellos (FAO & PNUMA, 2020). Estos ecosistemas desempeñan un papel importante en el ambiente, proporcionando protección al suelo, regulación hidrológica y climática y siendo sumideros de carbono. Además estos bosques también son esenciales para afrontar el cambio climático, surgiendo la necesidad de fomentar el equilibrio ambiental para conservarlos (Uribe, 2015)

Se localizan por África Central, Sudamérica (Chaco y regiones del sudeste de Brasil), América Central y Norte de Australia. Asimismo, se pueden incluir en este bioma los bosques de gran parte de la India y del Sudeste asiático pese a no corresponder a la misma franja latitudinal. Se encuentran en áreas relativamente cálidas, de temperatura constante y desde el nivel del mar hasta 3 000 m de elevación (Universidad Cantabria [UC], 2017). Los suelos de esta región son suelos pobres y poco profundos; en la Amazonía, el 90 % de los suelos tienen deficiencia de fósforo y el 73 % padecen de toxicidad por aluminio, pero tiene una capa superficial de los restos de la vegetación en rápida putrefacción con organismo descomponedores (Barrera et al., 2016).

4.2. Bosques Tropicales del Ecuador

Los bosques tropicales están presentes en las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas y en toda la región amazónica del país. Los árboles de estos ecosistemas pueden llegar hasta una altura de 50 m. Asimismo, la temperatura nunca desciende por debajo de 18 °C en general su promedio oscila entre los 20 y 29 °C, las precipitaciones anuales superan los 2 000 mm, los suelos no son ricos en nutrientes ya que la biomasa contiene la mayor parte de los nutrientes (Romero, 2020). Brindan muchos beneficios como la regulación del ciclo del agua y clima, producción de oxígeno, absorción de dióxido de carbono, control de inundaciones, control de

erosión, suministro de alimentos y promoción de la conservación de la biodiversidad, otros bienes y servicios (MAE, 2012).

Se han encontrado más de 200 especies de árboles (ceibos, guayacán, cedro, caoba) por hectárea en la selva ecuatoriana, llegando a ser 10 veces más numerosos que los bosques templados de Norteamérica. Por otro lado, en términos de diversidad faunística, el número de vertebrados, incluidos anfibios, reptiles, peces aves y mamíferos, se estima en más de 3 500 especies, incluidas 1 600 especies de aves. Estas cualidades justifican la inclusión de Ecuador entre los países más diversos del mundo (MAE, 2012).

4.3. Bosques Tropicales de Zamora Chinchipe

Los bosques dentro de esta provincia son muy importantes ya que forman parte de bio-regiones de alto endemismo como la cordillera del Cóndor y hotspots en las vertientes andinas, reconocidos a nivel mundial (Young et al., 2015). Actualmente en esta provincia existe una considerable superficie de vegetación natural remanente, incluida en la vertiente oriental andina con un porcentaje del 76 % de remanencia (MAE, 2014). Los bosques tropicales de esta región cumplen un papel importante, en la provisión de servicios ecosistémicos y de Productos Forestales no Maderables (PFNM) con diferentes fines, que varían según las costumbres y tradiciones de la sociedad (de la Torre et al., 2008).

Es importante mencionar que pese al potencial de almacenamiento de carbono de la selva tropical y su papel en la mitigación del cambio climático, este ecosistema está siendo muy afectado por diversos factores estresantes ambientales, como fragmentación y deforestación, debido a esto las estrategias de conservación van enfocadas en aumentar la cubierta forestal a través de proyectos de restauración que contribuirán al secuestro de carbono (Eguiguren et al., 2016)

Según el MAE (2013) se han identificado un total de 22 ecosistemas amazónicos, incluyendo las Cordilleras Amazónicas: Cóndor, Kutukú y Galeras. Entre los ecosistemas presentes según la fisionomía de bosque para la provincia de Zamora Chinchipe, encontramos los siguientes:

- Bosque siempreverde piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque bajo siempreverde del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde piemontano de Galeras

- Bosque siempreverde piemontano de las Cordilleras del Cóndor – Kutukú
- Bosque siempreverde montano bajo de las Cordilleras del Cóndor – Kutukú
- Bosque siempreverde montano bajo sobre mesetas de arenisca de las Cordilleras del Cóndor-Kutukú
- Bosque siempreverde montano sobre mesetas de arenisca de la Cordillera del Cóndor
- Bosque siempreverde montano de las Cordilleras del Cóndor – Kutukú

4.3.1. Bosques piemontanos de la provincia de Zamora Chinchipe

Los bosques piemontanos de la provincia cubren un área de 13 133 km², y están comprendidos entre 600 a 1 300 m.s.n.m. Es una mezcla de árboles andinos y amazónicos de tierras bajas, con alturas de dosel de hasta 30 m. La precipitación media anual es de unos 2 833 mm, la segunda más alta de cualquier región (Pontificia Universidad Católica del Ecuador [PUCE], 2020)

Según el MAE (2013) la provincia de Zamora Chinchipe cuenta con los siguientes bosques piemontanos:

- Bosque siempreverde piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde piemontano de Galeras
- Bosque siempreverde piemontano de las Cordilleras del Cóndor – Kutukú

4.4. Ecosistema del área de estudio

4.4.1. Bosque siempreverde piemontano de las Cordilleras Cóndor-Kutukú

Es un bosque denso con una altura de 20 m y un dosel de más de 30 m. Presenta abundancia de epifitas; este ecosistema se desarrolla en las cordilleras de Cóndor y de Kutukú sobre terrenos colinados, así como en depresiones a una altura de 350 m y 1 400 msnm. Las especies diagnósticas son *Aniba muca*, *Cecropia marginalis*, *Dacryodes peruviana*, *Elaeagia ecuadorensis*, *Ficus pertusa*, *Grias neuberthii*, *G. peruviana*, *Inga acreana*, *Iriartea deltoidea*, *Nectandra lineatifolia*, *Neea divaricata*, *N. ovalifolia*, *Pouteria durlandii*, *Sapium marmieri*, *Socratea exorrhiza*, *Sorocea trophoides*, *Virola peruviana*, *Vochysia guianensis*, *Wettinia maynensis*. Este bosque es semejante al bosque piemontano de las estribaciones orientales de la Cordillera Real u Oriental de Los Andes, sin embargo, hacia la vertiente oriental de la cordillera de Kutukú hay una superposición con componentes florísticos provenientes del abanico de Pastaza (MAE, 2013).

4.5. Cobertura Vegetal

Es un grupo de diferentes especies de plantas que ocupan un área o región geográfica particular; son características de un período geológico y viven en un determinado ecosistema. Cada cubierta vegetal tiene su propia composición y estructura vegetativa, formando lo que se conoce como un tipo de vegetación (Aguirre, 2019).

4.6. Composición florística

Se define como la agrupación de plantas de diferentes especies que forman un paisaje botánico o cultivado (López et al., 2015). La diversidad de composición vegetal está influenciada por factores como: clima, temperatura, viento, humedad ambiental y radiación, estos factores son manifestaciones de la energía solar, geofísica del sistema y suelo en todos sus aspectos físicos, químicos y microbiológicos (Cárdenas, 2014). Además de estos factores, existen otros factores como la cantidad de animales que sirven como dispersión de semillas, la vegetación circundante y las características de las especies de plantas disponibles que ingresan al área expuesta (Aguirre, 2019).

4.7. Estructura Vertical

El bosque posee múltiples estratos verticales, que varían en número según la latitud en que se encuentra el rodal, ya que esta determina el ángulo en el que penetran los rayos de sol hacia el interior del sotobosque, además de predominar en los niveles de radiación que llegan al dosel (Parker & Brown, 2000). Terborgh (1985) menciona que la estratificación vertical del dosel, se debe a la geometría en que penetran los rayos solares que ingresan a los niveles bajos del bosque a través de los claros en el dosel, formando un campo de luz horizontal donde las especies agregan sus copas.

En este sentido Aguirre (2019); Holguín et al. (2021) postulan que la estructura vertical del bosque está determinada por la distribución de las diferentes especies arbóreas que componen el ecosistema y ocupan ubicaciones específicas en respuesta al clima local, gradientes o perturbaciones ambientales, naturales o provocadas por el ser humano.

4.8. Estructura Horizontal

La estructura horizontal ayuda a evaluar el comportamiento de árboles y especies individuales en la superficie del bosque. Esta estructura se puede evaluar mediante indicadores que muestran la ocurrencia de la especie, así como su importancia ecológica en el ecosistema (Alvis, 2009)

4.9. Parámetros estructurales

De acuerdo con Aguirre (2019), los parámetros estructurales ayudan a medir la diversidad e interpretar el estado de conservación de la flora en un área determinada y son los siguientes:

4.9.1. Densidad (*D*)

La densidad absoluta se obtiene por el número de individuos de una especie o todas las especies por unidad de área o superficie de estudio. Para su cálculo, no es necesario contar a todos los individuos en un área, pero es posible tomar muestras de áreas representativas.

4.9.2. Densidad relativa (*Dr*) %

La densidad relativa permite definir la abundancia de una determinada especie vegetal, está dada por el número de individuos de una misma especie con relación al total de individuos de la población.

4.9.3. Dominancia relativa (*DmR*) %

Se define como el porcentaje de biomasa que aporta una especie. Su relación se expresa entre el área basal ($G = 0,7854 \times \text{DAP}^2$) del conjunto de individuos por especie y el área muestreada.

4.9.4. Frecuencia relativa (*Fr*)

Se calcula considerando el número de parcelas en las que se encuentra presente una especie en correspondencia a la sumatoria de frecuencia de todas las especies de un sitio específico.

4.9.5. Índice de valor de importancia (*IVI*)

El IVI muestra el nivel de importancia de una especie dentro de una comunidad. Las especies con mayor IVI representan entre otras cosas, que son ecológicamente dominantes:

absorben más número de nutrientes, ocupan más espacio físico y controlan un alto porcentaje de la energía que llega a este sistema.

4.10. Diversidad

El concepto de biodiversidad a menudo se refiere a la diversidad de la vida y ecosistemas, que constituyen el capital social natural de las naciones. Incluye diversidad de ecosistemas terrestres y acuáticos y conjuntos ecológicos, al igual que la diversidad intraespecífica e interespecífica. Entre las razones que contribuyen a la existencia de la biodiversidad en una región o región se encuentran la topografía, la diversidad climática y la historia geológica, biológica y cultural (Pereira et al., 2011).

4.10.1. Tipos de diversidad

- ***Diversidad alfa***

Es el componente más estudiado de los tres tipos de diversidad y se define como el número de especies que habitan un lugar específico con cierta homogeneidad. Biológicamente, la diversidad α refleja las relaciones ecológicas que se encuentran en un espacio puntual en un tiempo determinado (Pérez & Zaragoza, 2015)

- ***Diversidad beta***

Es la relación existente entre diversidad alfa y gamma, reflejando el cambio en la composición de las comunidades biológicas (Baselga & Gómez, 2019); expresa el grado heterogeneidad (diversidad) de hábitats (Aguirre, 2019).

- ***Diversidad gamma***

Es está definido por la riqueza de especies de un conjunto de localidades, sitios o comunidades que integran un paisaje (Pérez & Zaragoza, 2015).

4.10.2. Índices para medir la diversidad alfa

- ***Riqueza específica***

Es el número total de especies registradas en un inventario de la comunidad/hábitat en estudio. Es la riqueza de especies de un determinado ecosistema, lugar, provincia, país en

particular. Se expresa como la suma de todas las especies registradas en cada uno de los transectos o parcelas de muestreo. Además, las especies se puede separar dependiendo de la forma de vida, hábitat, o en el caso de fauna hábito de alimentación (Moreno, 2001; Aguirre, 2019).

- ***Índice de diversidad de Shannon - Wiener***

Representa la uniformidad de los valores de importancia en todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo seleccionado al azar de una colección. Asume que los individuos son elegidos al azar y que todas las especies de una comunidad están incluidas en la muestra (Aguirre, 2019).

4.11. Servicios Ecosistémicos que brindan los bosques

Los servicios ecosistémicos son entendidos como procesos y condiciones por medio de los cuales los ecosistemas naturales se mantienen y satisfacen la vida humana, brindando beneficios directos o indirectos para la población (García et al., 2016).

Pueden ser clasificados en cuatro categorías principales: servicios de aprovisionamiento, tales como materiales que provienen de los ecosistemas con aprovechamiento directo para las personas; los servicios de regulación, los cuales corresponden a procesos complejos que regulan las condiciones ambientales en que las personas realizan sus actividades; los servicios culturales son beneficios intangibles que las personas obtienen a través de la apreciación espiritual, la recreación y la belleza, y finalmente los servicios de apoyo o procesos ecológicos básicos que mantienen y aseguran el mantenimiento adecuado de los ecosistemas, permitiendo los flujos de servicios de provisión, de regulación y culturales (Martínez et al., 2017).

4.12. Almacenamiento de Carbono

Un servicio ambiental que es impermisible de incorporación en los esquemas de pagos por servicios ambientales, es la captura y almacenamiento de carbono. El CO₂ es posiblemente uno de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que mayor incidencia tiene en el cambio climático y el calentamiento global y ha sido considerado como uno de los principales gases a reducir desde el protocolo de Kioto (Fonseca, 2017). Hoy día existen diferentes estrategias de captación, ya sea a través de la conservación de los bosques, la plantación de nuevos árboles o la aplicación de tecnologías para el sector agropecuario o industrial (Valderrama et al., 2019).

La captura y almacenamiento de CO₂ es una de las técnicas utilizadas para reducir sus emisiones (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2006). Consiste en capturar el CO₂ emitido por procesos de combustión controlada en industrias, transportarlo y someterlo a un ambiente subterráneo dentro de formaciones geológicas adecuadas con miras a su almacenamiento permanente. No se trata únicamente de almacenar el gas bajo la tierra, en galerías, se busca que las moléculas consigan asociarse a su medio de manera duradera por procesos de fijación o reacciones químicas favorables en los entornos que son colocados (Valderrama et al., 2019).

4.12.1. Importancia del almacenamiento de carbono en los bosques tropicales

Los ecosistemas forestales pueden absorber cantidades significativas de GEI, especialmente CO₂. Por esta razón, en las últimas décadas ha existido un gran interés en aumentar el contenido de carbono en la vegetación a través de la protección de los bosques, la reforestación, el establecimiento de granjas forestales y otros métodos de manejo del suelo. Uno de los servicios ecosistémicos más importantes del bosque es el almacenamiento de carbono, es decir, “la captura y el almacenamiento a largo plazo de dióxido de carbono, que es el principal impulsador del cambio climático. El carbono se almacena en los ecosistemas forestales a través de la absorción de CO₂ atmosférico y su captación en la biomasa. El carbono se acumula tanto en la biomasa viva, como en la biomasa muerta (Jiménez, 2021).

El dióxido de carbono circula continuamente con la atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre y su eliminación neta de la atmósfera implica una gama de procesos en diferentes escalas de tiempo, por lo que no tiene una vida útil definida (Solomon et al., 2017).

4.13. Biomasa

La biomasa es la masa de los organismos vivos por unidad de superficie en un momento dado, la cual varía en función de la composición florística y la estructura de la vegetación y, al igual que la mayoría de los procesos ecosistémicos, está ligada a la disponibilidad de agua (Briones et al., 2018).

4.13.1. Biomasa Forestal

Se define como el material lignocelulósico generado por procesos metabólicos de las plantas arbóreas, dicho material se caracteriza por tener una composición con gran potencialidad

energética que permite, mediante procesos de combustión completa o incompleta, la generación de calor y energía que puede ser transformada en electricidad (Ulloa et al., 2018).

4.14. Métodos para la estimación de Biomasa forestal

Existen métodos directos e indirectos para estimar la cantidad de carbono en un bosque. Los métodos indirectos incluyen ecuaciones alométricas o modelos basados en análisis de regresión lineal o no lineal. Utilizan variables de campo medidas llamadas regresores o variables independientes como diámetro a la altura del pecho (DAP), altura comercial (hc) y altura total (ht), incremento diamétrico, área basal y densidad específica de la madera (Lozano et al., 2018).

4.14.1. Métodos directos

Consiste en cortar un árbol y determinar el contenido de biomasa pesando directamente cada uno de sus componentes: fuste, ramas, hojas (Rodríguez, 2013). Requiere más experticia, tiempo y recursos económicos, permite conocer de manera precisa el comportamiento del carbono tanto en lo que se almacena como en lo que se libera a la atmósfera. Los resultados ayudan a minimizar la incertidumbre y tomar decisiones más certeras que conlleven a la conservación de los bosques, conocer su importancia y su aporte significativo para mitigar el cambio climático (Fernández, 2017).

4.14.2. Métodos indirectos

Se estima la biomasa forestal a través de ecuaciones o modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión entre variables de los árboles, tales como el diámetro a la altura del pecho (dap), la altura comercial (hc) y altura total (ht), incremento de diámetro, área basal y densidad específica de la madera. También puede calcularse la biomasa a partir del volumen del fuste, junto con la densidad básica de la madera, para calcular el peso seco y un factor de expansión para calcular el peso total del árbol (Fonseca, 2017).

4.14.3. Sensores remotos

A través de imágenes satelitales estudia la superficie terrestre, registrando su comportamiento a través de diferentes regiones del espectro electromagnético, con lo que se obtiene datos espacialmente contiguos entre sí y distribuidos en extensas áreas geográficas, logrando detectar, reconocer e identificar la cobertura del suelo, así como medir numerosas

propiedades biofísicas y bioquímicas asociadas a ellas, presentando ventajas en comparación con métodos in situ (Peña, 2007; Alvarez, 2008).

4.14.4. Modelos alométricos

Las ecuaciones alométricas son aplicaciones matemáticas que permiten realizar el análisis de las relaciones entre diferentes dimensiones de la planta y puede ser útil en los estudios de crecimiento ya que este principio determina el crecimiento de una parte del organismo en relación con el organismo entero o alguna parte del mismo, de tal manera que a partir del conocimiento de una variable se puede estimar el comportamiento y tendencia de otra mucho más compleja de medir (Rodríguez, 2013).

Una de las ecuaciones alométricas más conocidas empleadas para bosques tropicales es la desarrollado por Chave et al. (2014), donde se relaciona el diámetro a la altura del pecho, la densidad básica de la madera y una medida de stress ambiental.

4.15. Estudios realizados en ecosistemas similares

Patiño et al. (2015) realizaron un estudio ecológico estructural de la flora en cinco transectos permanentes de un bosque siempreverde Piemonte en la cuenca del río Piatúa, en el cual se identificaron 32 familias, 68 especies, registrados en 288 individuos de árboles con DAP \geq a 10 cm. Las familias más diversas fueron: Arecaceae, Fabaceae y Moraceae con 5 especies (7,14 %); seguida por Lauraceae y Urticaceae con 4 especies (5,71 %); Euphorbiaceae, Myristicaceae y Vochysiaceae con 3 especies (4,29 %). En este estudio los índices de Shannon (3,52) y Simpson (0,94) demostraron la presencia de una composición florística media a alta propias de estos ecosistemas de pío de monte.

(Jiménez et al., 2017) detallan la riqueza y la diversidad de las especies florísticas del bosque siempreverde piemontano en la provincia de Zamora Chinchipe, donde se identificaron las especies arbóreas mayores a 2 cm de diámetro en parcelas de 10 x 10 m, obteniendo un total de 97 especies y 35 familias, siendo las principales familias identificadas Rubiaceae, Melastomataceae y Moraceae. Concluyendo que dicha riqueza y diversidad podría darse por la variación a nivel de micrositio de las características edáficas y topográficas, para lo cual se requiere profundizar en la investigación.

En el estudio realizado por Jadán et al. (2017) se evaluó la riqueza de especies arbóreas, arbustivas, herbáceas y el carbono almacenado en tres pisos altitudinales, entre ellos Piemontano, Montano bajo y Montano y se estimó el almacenamiento directo de carbono y modelos de crecimiento relativo para bosques tropicales. La mayor riqueza de especies arbóreas, densidad y área basal se registró en el piso Piemontano ubicado a menor altitud, al igual que el carbono en la biomasa aérea.

García et al. (2021) realizaron una investigación en un bosque siempreverde piemontano sometido a diferentes grados de intervención en la zona alta de la microcuenca del río Puyo, donde evaluaron la biomasa aérea acumulada en lo concerniente a familias botánicas. En cinco transectos de 0,1 ha se registraron las especies con DAP ≥ 10 cm. Obteniendo como resultado el menor número de familias en sitios con alto grado de perturbación, con respecto a la biomasa aérea, esta varió de 161,84 a 339,70 Mg.ha⁻¹, presentándose mayor acumulación en individuos de menor clase diamétrica. Las familias Moraceae, Arecaceae y Euphorbiaceae, presentaron el mayor índice de valor de importancia de biomasa, conocidas también por su potencial estructural y de carbono.

Santander & Quintana (2022) evaluaron la biomasa aérea acumulada y sostenibilidad ecológica del bosque siempreverde piemontano, ubicada en la provincia Pastaza, cantón Pastaza, en el cual registraron todas las especies arbóreas con DAP ≥ 10 cm. Determinaron que las familias Melastomataceae, Fabaceae, Euphorbiaceae y Salicaceae presentan mayor número de especies. La distribución de clases diamétrica presentó una tendencia de J invertida. Reportaron una biomasa aérea de $78,67 \pm 5,87$ Mg/ha⁻¹ y un stock de carbono almacenado de $39,33 \pm 2,34$ Mg/ha⁻¹

5. METODOLOGÍA

5.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el sector Martin Ujukam, parroquia Timbara, cantón y provincia de Zamora Chinchipe, enmarcado geográficamente entre $4^{\circ}04'03.8''S$ y $78^{\circ}55'23.4''W$ (Figura 1). La parroquia tiene una superficie de $128,71 \text{ km}^2$, presenta una altitud de $1\ 048 \text{ m.s.n.m.}$, precipitación anual promedio de $2\ 090 \text{ mm}$ y temperatura media anual de $23,7^{\circ}\text{C}$. Además, la provincia está inmersa en la zona climática denominada: Tropical Megatermico Húmedo (León et al., 2022)

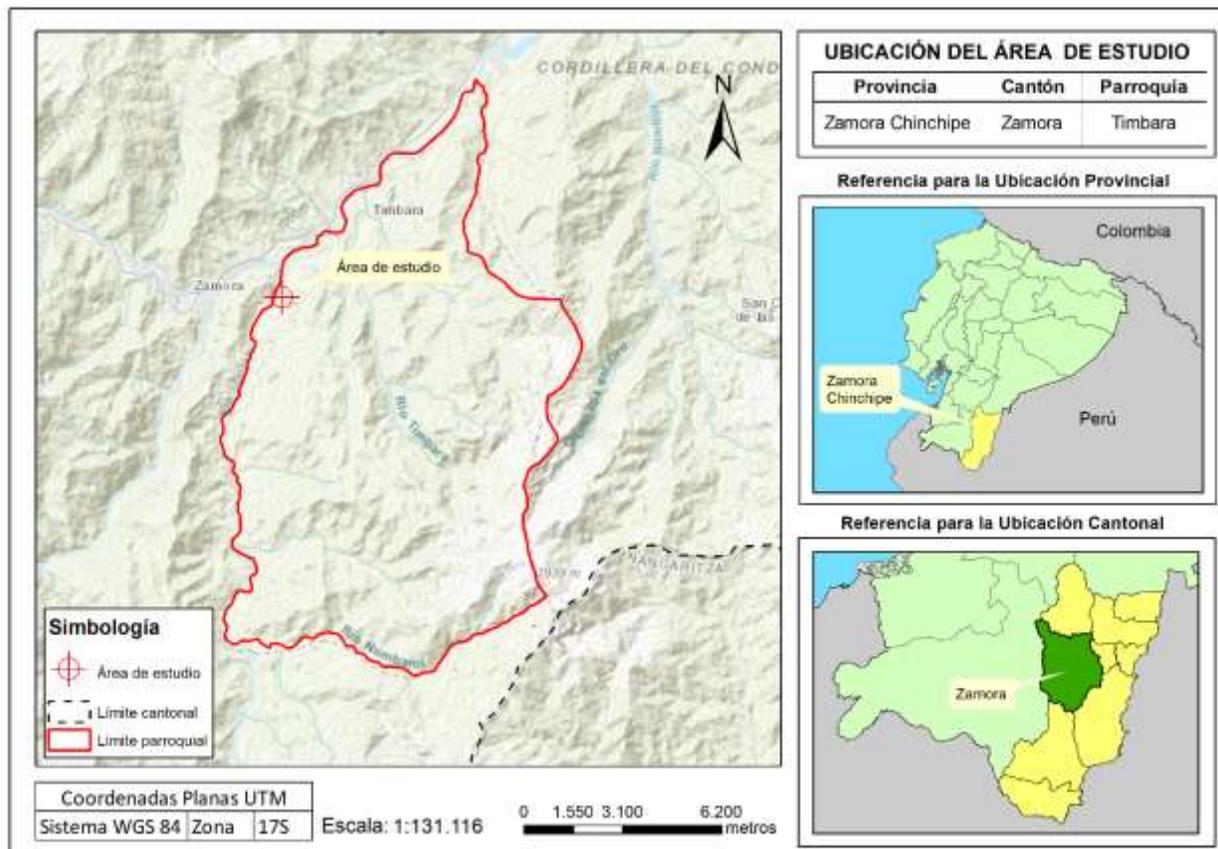


Figura 1. Ubicación espacial del área de estudio.

5.2. Metodología para caracterizar la composición, estructura y diversidad del componente arbóreo del bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia Zamora Chinchipe

Para caracterizar la composición, estructura y diversidad del componente arbóreo se basó en la metodología de muestreo de campo propuesta por Aguirre (2019), que se detalla a continuación.

5.2.1. Selección del área de estudio

Se realizó recorridos por la zona, observando áreas representativas del bosque, en el cual se establecieron cinco parcelas al azar de 20×20 m (400 m^2) para el levantamiento de información, teniendo en cuenta que se encuentren alejadas 50 m del borde de potreros o caminos para evitar el efecto de borde.



Figura 2. Bosque siempreverde piemontano de Cordillera del Cóndor-Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe.

Cada parcela tiene al menos una separación aproximada de 200 m. Además, se consideró que la pendiente no supere los 45° y se evitó condiciones atípicas de terreno como cursos de agua y zonas anegadas.



Figura 3. Instalación de parcelas en Timbara, Zamora Chinchipe

5.2.2. Registro de información del componente arbóreo

Usando una hoja de campo (Tabla 1), se registró todos los individuos con $DAP \geq 10$ cm, con la siguiente información: número de individuo, nombre común, nombre científico, $DAP_{1.30}$ m, altura total (mediante hipsómetro Vertex). Adicionalmente se procedió a anotar observaciones botánicas de los individuos registrados, las cuales sirvieron de apoyo para su identificación. Para las especies que no pudieron ser reconocidas en campo, se colectó muestras botánicas que fueron llevadas al Herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja.



Figura 4. Medición los individuos con un $DAP_{1.30} \geq 10$ cm.

Tabla 1. Formato de hoja de registro de campo para árboles.

Parcela:				Coordenadas:		
Altitud:				Fecha:		
N°	Familia	Nombre científico	Nombre común	DAP (cm)	HT (m)	Observaciones

Fuente: Aguirre (2019)

5.2.3. Estructura de la vegetación

5.2.3.1. Estructura vertical.

La estructura vertical del área de estudio se analizó mediante la estratificación de tres estratos: Estrato inferior $\leq 9,99$ m; Estrato intermedio 10 – 19,99 m; Estrato superior ≥ 20 m, según los criterios de Ibarra y López (2002) y García et al. (2020).

Se analizó también el Índice de Posición Social Relativa (RPSI) para cada especie, de acuerdo a la metodología propuesta por Finol (1976), considerando el número total de individuos

para cada estrato. Para este índice se calculó el valor fitosociológico del estrato, el cual se obtuvo empleando la fórmula:

$$VF = n/N$$

Donde:

VF: valor fitosociológico del estrato;

n: número de individuos del estrato y

N: número total de los individuos de todas las especies.

Con este valor se calculó la posición social absoluta de la especie a través de la fórmula:

$$PSa = VF(l)*n(l)+VF(m)*n(m)+VF(u)*n(u)$$

Donde:

PSa: posición social absoluta

VF(l), VF(m), VF(u): valor fitosociológico del estrato inferior, medio y superior, respectivamente

n(l), n(m), n(u): número de individuos en el estrato inferior, medio y superior, respectivamente

El RSPI se obtuvo del porcentaje de cada especie en función de la suma total de los valores absolutos.

5.2.3.2. Estructura horizontal.

5.2.3.2.1. Clases diamétricas.

Los datos del diámetro de los individuos registrados en las cinco parcelas se agruparon por clases diamétricas, con un rango de amplitud de 10 cm, en el cual se determinó la cantidad de individuos pertenecientes a cada clase según los límites extremos (García et al., 2020).

5.2.3.3. Parámetros Estructurales.

Con los datos recolectados se calculó el índice de valor de importancia (IVI), a partir de la suma de densidad absoluta (D), densidad relativa (DR), frecuencia relativa (FR) y dominancia relativa (DmR); para lo cual se utilizó las fórmulas propuestas por Aguirre (2019):

$$\text{Densidad Absoluta (D) \#ind/m}^2 = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de individuos por especie}}{\text{Total del área muestreada}}$$

$$\text{Densidad Relativa (Dr) \%} = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Número total de individuos}} \times 100$$

$$\text{Dominancia Relativa DmR \%} = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Fr \%} = \frac{\text{Número de parcelas en las que se inventaría las especies}}{\text{Sumatoria de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{IVI \%} = \frac{\text{Dr} + \text{DmR} + \text{Fr}}{3}$$

5.2.4. Diversidad específica determinada mediante índice de Shannon

Con los datos obtenidos de los individuos ≥ 10 cm de DAP, se calculó el índice de Shannon (Aguirre, 2019) aplicando la fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i) (\text{Log} N P_i)$$

Donde:

H' = Índice de Shannon

S = Número de especies

P_i = Proporción de individuos que constituye la especie

LogN = Logaritmo natural

Para este cálculo se empleará la siguiente matriz:

Tabla 2. Matriz para el cálculo del índice de Shannon por especie.

Espece	Número de individuos	Pi (n/N)	Ln. Pi	(Pi)*(Ln)
Espece	N			
Total especies	N			$-\sum Pi * LnPi$

Aguirre (2019)

Para la interpretación y calificación de los resultados de la diversidad, se consideró la escala de significancia propuesta por Aguirre (2019) (Tabla 3).

Tabla 3. Escala de significancia para calificar la diversidad alfa del bosque.

Rango	Significado
0-1,35	Diversidad baja
1,36-3,5	Diversidad media
Mayor a 3,5	Diversidad alta

Fuente: Aguirre (2019)

5.3. Metodología para estimar el carbono de la biomasa aérea del componente arbóreo del bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia Zamora Chinchipe

5.3.1. Cálculo de la biomasa acumulado en el estrato arbóreo

Con los datos de diámetro de todos los individuos, se realizó el cálculo de biomasa del estrato arbóreo, para lo cual se utilizó el método indirecto relacionando el DAP y densidad de madera de los árboles de cada parcela mediante la ecuación alométrica para bosques tropicales desarrollada por Chave et al. (2014):

$$AGBest = \exp[-1,803 - 0,976E + 0,976\ln(p) + 2,673\ln(D) - 0,0299[\ln(D)]^2]$$

Donde:

AGBest = Biomasa estimada en (Mg ha⁻¹)

D = Diámetro a la altura del pecho (cm)

p = Densidad básica de la madera (g/cm^3).

E = medida de stress ambiental. Para el área de estudio es 0,007753863

Los datos de densidad de la madera (p), para las especies de las cinco parcelas muestreadas se tomó de la Global Wood Density Database (<http://db.worldagroforestry.org/wd>). En caso de no disponer de identificación de especie, se utilizó el promedio de la densidad de madera a nivel de género o familia de ser el caso. El coeficiente E se obtuvo a partir de una capa raster global de 2,5 arc.sec. (<http://chave.upstlse.fr/pantropicalallometry.htm>).

5.3.2. Cálculo de la biomasa acumulada en palmas

Para estimar la biomasa de palmas se utilizó la ecuación propuesta por Goodman et al. (2013):

$$\text{AGBpalm} = \exp(-3,3488 + (2,7483 \times \ln \text{DBH}))$$

Donde:

AGBpalm = Biomasa estimada en (Mg ha^{-1}) para palmas

DHB = Diámetro a la altura del pecho (cm)

5.3.3. Cálculo de carbono acumulado en la biomasa arbórea

Los datos estimados de biomasa para cada especie de las cinco parcelas de muestreo se multiplicaron por una constante como lo menciona el IPCC (2006), valor obtenido corresponde al carbono fijado en la misma:

$$\text{Cest} = \text{AGBest} \times 0,47$$

Donde:

C = Carbono acumulado en la biomasa (Mg ha^{-1})

AGBest = Biomasa estimada en (Mg ha^{-1})

0,47= constante en consideración a que el 47 % de la biomasa de todo ser vivo es carbono

5.3.4. Índice de valor de importancia de biomasa (BIV)

Para identificar las especies que mayor contribución en el almacenamiento de carbono del bosque siempreverde piemontano de la cordillera del Cóndor – Kutukú, se calculó un índice de valor de importancia de biomasa (BIV) propuesto por García et al. (2020) el cual informa sobre el potencial de biomasa que acumula cada especie en el área de estudio.

$$\text{Abundancia Relativa (AR) \%} = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Número total de individuos}} \times 100$$

$$\text{Dominancia Relativa (DR) \%} = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Biomasa Relativa (BR) \%} = \frac{\text{Biomasa absoluta de cada especie}}{\text{Biomasa aérea total acumulada}} \times 100$$

$$\text{BIV \%} = \frac{\text{AR} + \text{DR} + \text{BR}}{3}$$

6. RESULTADOS

6.1. Caracterización de la composición, estructura y diversidad del componente arbóreo del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe.

6.1.1. Composición florística del área de estudio

En el inventario realizado en 2 000 m² de superficie de muestreo, se registraron 48 especies de árboles con DAP \geq 10 cm, pertenecientes a 38 géneros botánicos y 21 familias, sumando un total de 156 individuos (Figura 2). El número estimado de individuos proyectado a hectárea de bosque, es de 780 individuos con un DAP \geq 10 cm.

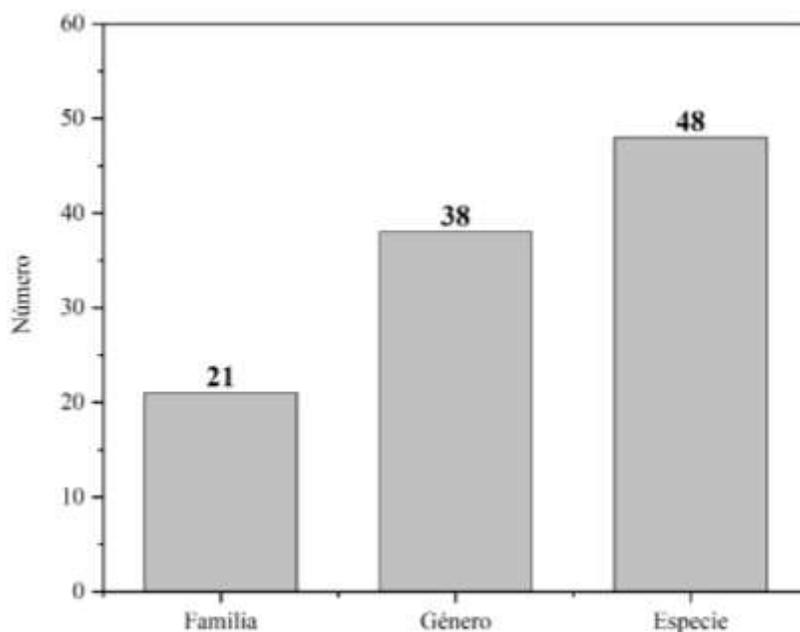


Figura 5. Composición florística del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.

De las 21 familias botánicas registradas en el área de estudio, las cinco con mayor número de especies fueron: Lauraceae y Melastomataceae con seis especies, Moraceae con cinco especies, Rubiaceae y Meliaceae con cuatro especies cada una (Tabla 4).

Tabla 4. Familias botánicas con mayor número de especies en el bosque siempreverde piemontano de la cordillera del Condor-Kutukú.

Familia	Número de especies
Lauraceae	6
Melastomataceae	6
Moraceae	5
Rubiaceae	4
Meliaceae	4
Myristicaceae	3
Clusiaceae	2
Euphorbiaceae	2
Nyctaginaceae	2
Phyllanthaceae	2

6.1.2. Estructural del bosque

6.1.2.1. Estructura vertical.

La distribución de individuos por clases de altura sirve como un descriptor de la estructura vertical del bosque. En este sentido, en el área de estudio la población presentó una distribución en forma de campana. El mayor número de individuos se registró en el estrato intermedio (10 – 19,99 m) con un total de 79 individuos que representa el 50,64 % de los individuos registrados, seguido del estrato superior (≥ 20 m) con 69 individuos que representa el 44,23 % y por último es estrato inferior ($\leq 9,99$ m) con ocho individuos representando el 5,13 % (Figura 3).

También se puede evidenciar que el dosel superior del bosque sobrepasa los 20 m de altura, existiendo la presencia de pocos árboles emergentes del dosel, como es el caso de la especie *Aniba muca* (Ruiz & Pav.) Mez con una altura de más de 30 m (Figura 6)

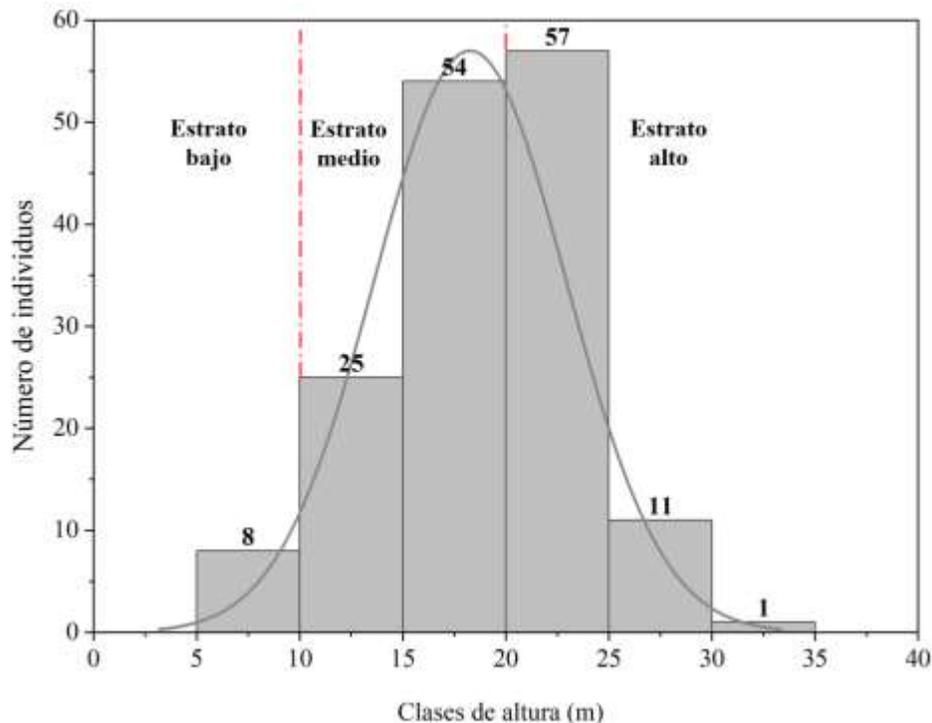


Figura 6. Estructura vertical del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.

Según el índice de posición social relativa (RSPI), las especies *Wettinia maynensis* Spruce, *Aniba muca* (Ruiz & Pav.) Mez, *Chrysophyllum argenteum* Jacq., *Otoba parvifolia* (Markgr.) AHGentry y *Ryania speciosa* Vahl, presentaron los valores más altos del listado florístico (13,43; 11,79; 5,36; 5,36 y 4,92 % respectivamente). Las especies *Wettinia maynensis* Spruce y *Vochysia* sp presentaron distribución vertical continua, teniendo presencia en los tres estratos. En contraste, también se encontró una gran cantidad de especies presentes en un solo estrato y con un RSPI bajo (*Miconia* sp., *Palicourea luteonivea* C.M.Taylor, *Pourouma cecropiifolia* Mart., *Cecropia* sp., *Graffenrieda miconioides* Naudin, *Bellucia pentamera* Naudin, *Blakea henripittieri* Penneys & Almeda, *Clarisia biflora* Ruiz & Pav., *Elaeagia myriantha* (Standl.) C.M.Taylor & Hammel. Los datos completos de Índice de posición social relativa se muestran en el anexo 1.

En la figura 7, se puede observar que el 66,67 % de especies estuvo presente en un solo estrato (32 especies), el 29,16 % se compartió entre dos estratos (14 especies) y solo el 4,17 % de las especies estuvo presente en los tres estratos (2 especies).

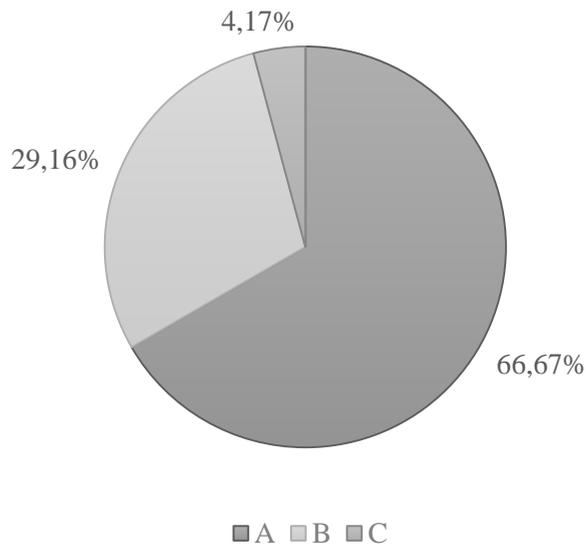


Figura 7. Porcentaje de especies representadas en cada estrato forestal como medida para definir el patrón de distribución vertical. Especies presentes en un estrato (A), especies presentes en dos estratos (B) y especies presentes en tres estratos (C).

6.1.2.2. Estructura horizontal.

6.1.2.2.1. Clases diamétricas.

La distribución de las clases diamétricas es un descriptor de la estructura horizontal del bosque. En el área de estudio se definió seis clases diamétricas, en el cual se registró 98 individuos entre 10 – 19,99 cm de DAP que representa el 62,82 %, seguido de 30 individuos entre 20 – 29,99 cm de DAP representando el 19,23 % y 28 individuos con un DAP \geq 30 cm representando el 17,95 % de los individuos registrados en el área de estudio (Figura 8). Se comprobó una distribución de jota invertida típico de comunidades arbóreas uniformes y que se autosustentan.

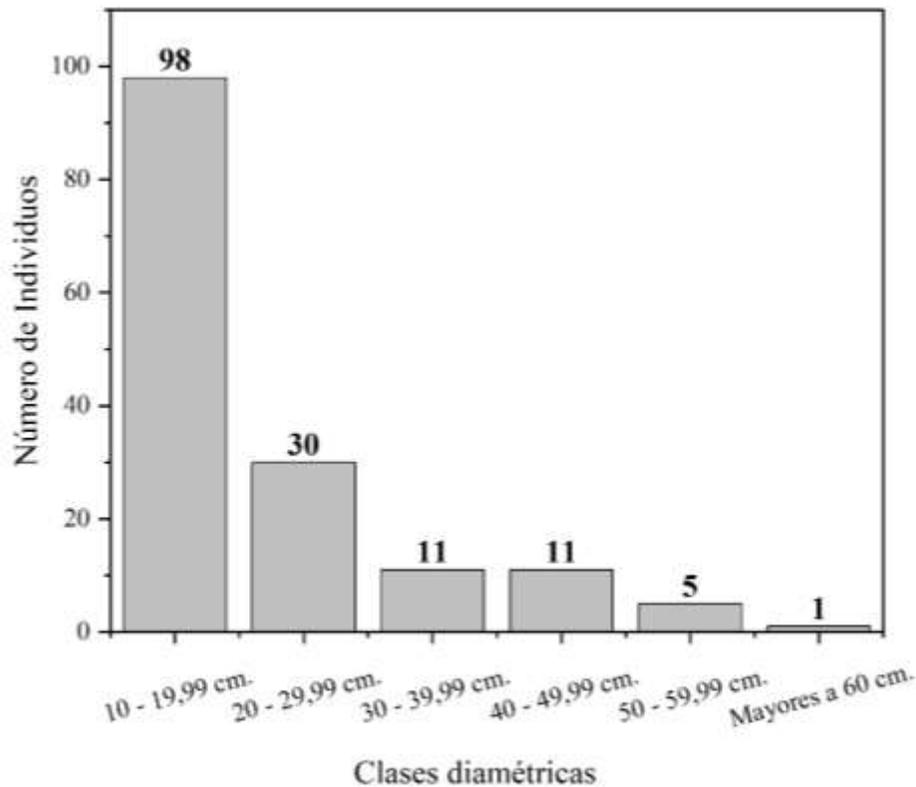


Figura 8. Estructura horizontal por clases diamétricas del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.

6.1.2.3. Parámetros estructurales.

La figura 5 muestra las 10 especies con mayor índice de importancia ecológica IVI registradas en el Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú, que representó el 20,83 % de la flora presente, entre las que se destacan por su alta dominancia y abundancia se encuentra *Aniba muca* con un IVI de 16,23; *Wettinia maynensis* con 11,05; *Jacaranda copaia* con 6,74; *Vochysia* sp.1 con 6,16 y *Ladenbergia oblongifolia* con 5,03, Las 38 especies restantes representaron el 79,17 %. El listado completo de especies con sus respectivos parámetros estructurales se muestra en el anexo 2.

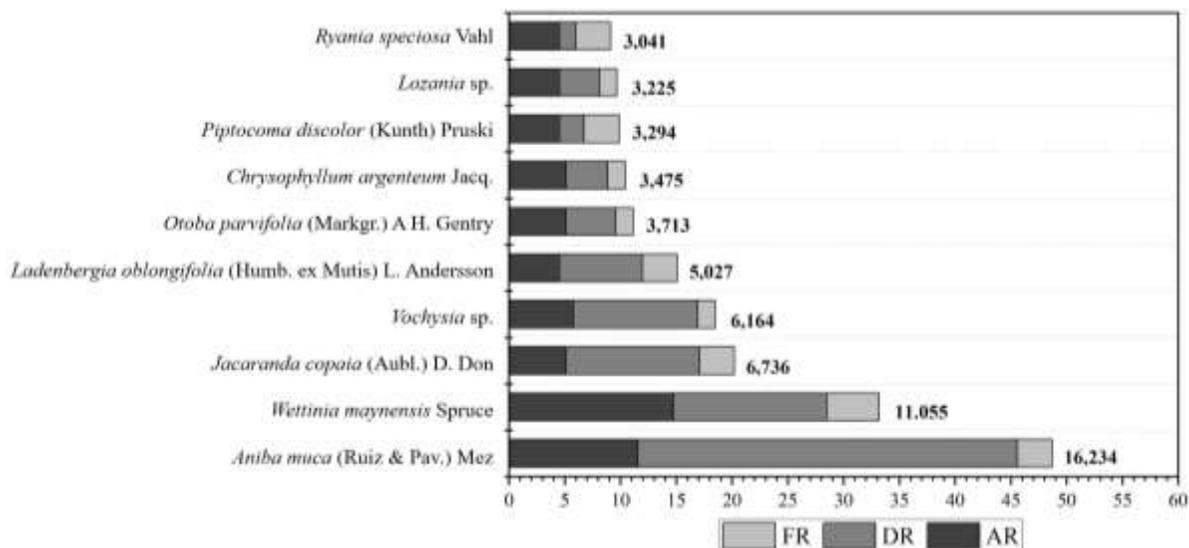


Figura 9. Parámetros estructurales del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.

Leyenda: Dominancia Relativa (DR); Frecuencia Relativa (FR); Abundancia Relativa (AR).

6.1.3. Diversidad Específica

Mediante el índice de Shannon - Wiener se expresó la diversidad en el bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, se obtuvo un valor de 3,36 que corresponde a una diversidad media (Tabla 3).

6.2. Estimación de biomasa y carbono del componente arbóreo del bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor - Kutukú, parroquia Timbara, provincia Zamora Chinchipe

6.2.1. Biomasa aérea y carbono almacenado

A partir de los resultados obtenidos a través del inventario florístico realizado se pudo estimar el potencial de biomasa aérea y stock de carbono almacenado, en el cual se evidenció que el bosque del área de estudio, presentó una biomasa arbórea de 281,71 Mg ha⁻¹, y una biomasa de 5,87 Mg ha⁻¹ correspondiente a las palmas, representadas por *Wettinia maynensis* (Tabla 5). El total de biomasa aérea de árboles y palmas fue de 287,58 Mg ha⁻¹ y un stock de carbono almacenado de 135,16 Mg ha⁻¹ (Figura 10).

Tabla 5. Biomasa arbórea y de palmas

Biomasa de árboles	Biomasa de palmas	Total
281,71 Mg ha ⁻¹	5,87 Mg ha ⁻¹	287,58 Mg ha ⁻¹

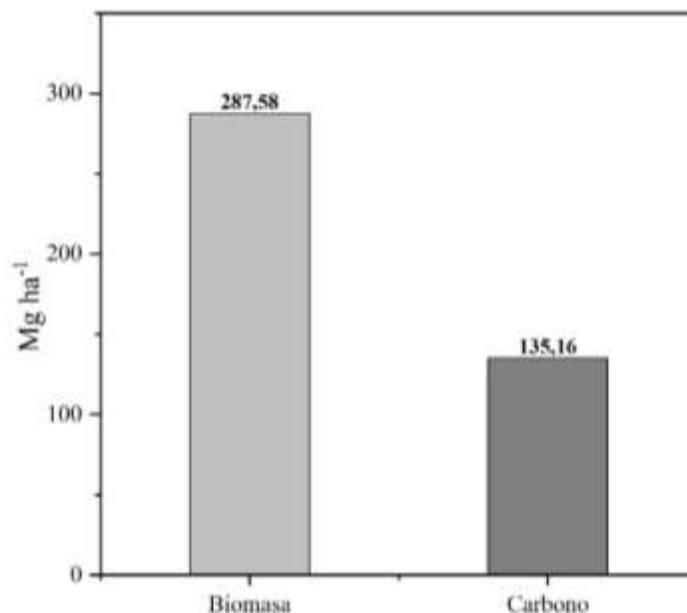


Figura 10. Biomasa aérea y carbono almacenado en el Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.

Se evidencio que las tres clases diamétricas con la mayor acumulación de carbono correspondieron a los individuos de 40–49,99 de DAP y representan el 25,22 % del carbono almacenado, seguido de los individuos con un diámetro de 50-59,99 con un 22,15 % y los individuos de la clase diamétrica de 20–29,99 con el 16,36 % con un porcentaje de 63,73 % (Tabla 6).

Tabla 6. Proporción del carbono almacenado por clases diamétricas

Clases Diamétricas (cm)	Carbono (Mg ha⁻¹)	Porcentaje (%)
10-19,99	18,59	13,75
20-29,99	22,11	16,36
30-39,99	20,15	14,90
40-49,99	34,09	25,22
50-59,99	29,94	22,15
> 60	10,29	7,61
Total	135,16	100,00

6.2.2. Índice de valor de importancia de biomasa (BIV)

De las 10 especies con mayor índice de valor de importancia de biomasa BIV registradas en el Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú, de la parroquia Timbara, las cinco especies más representativas son *Aniba muca* con un BIV de 23,723; *Jacaranda copaia* con 10,485; *Wettinia maynensis* con 10,173; *Vochysia* sp. con 8,483 y *Ladenbergia oblongifolia* con 7,023 (Figura 11). El listado completo de especies con su respectivo BIV se muestra en el anexo 4.

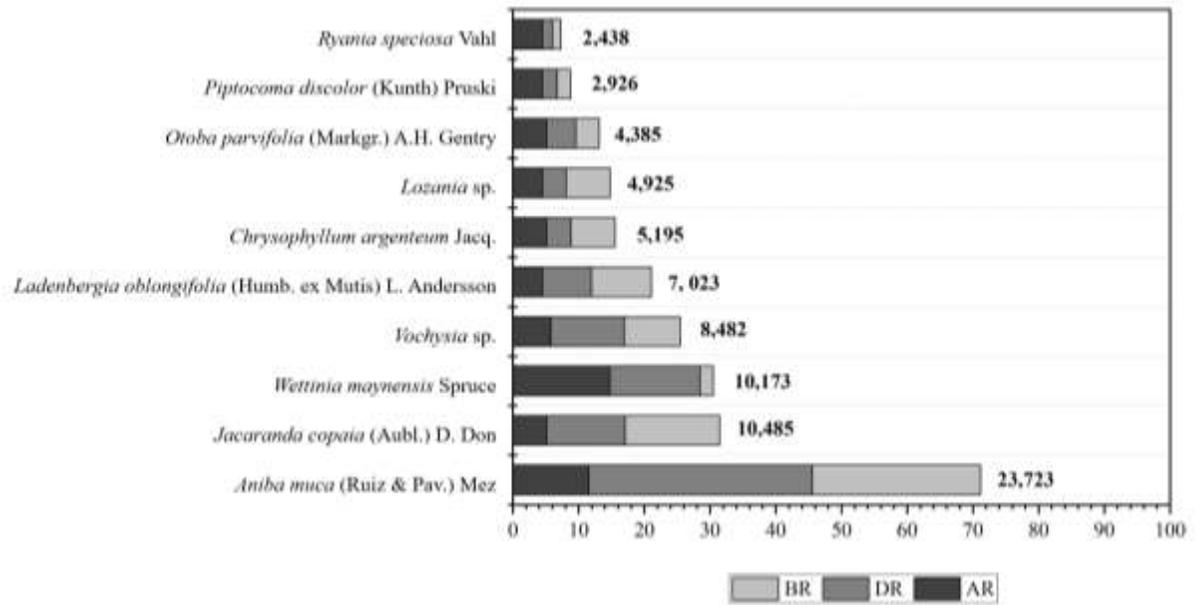


Figura 11. Índice de valor de importancia de biomasa BIV del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.

Leyenda: BR=Biomasa relativa; DR=Densidad relativa; AR=Abundancia relativa

7. DISCUSIÓN

7.1. Composición Florística

La composición florística que se registró en el área de estudio del bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú, de la parroquia Timbara, concuerdan con otros estudios realizados en la misma provincia, como es el caso de un bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés en el que se reportan 21 familias, 38 géneros que están distribuidos en 48 especies, siendo las familias Lauraceae y Melastomataceae las de mayor número de especies (Aguirre et al., 2018). En el bosque siempreverde montano bajo de la microcuenca El Suhi se ha registrado 31 familias, 51 géneros que se distribuyen en 59 especies, siendo las familias Rubiaceae y Lauraceae las que presentaron mayor número de especies (Maldonado et al., 2018).

Por otra parte, los datos registrados en este estudio difieren de otros estudios realizados en bosques piemontanos localizados hacia el sector nor-oriental de la cordillera. Por ejemplo, en la provincia de Pastaza se realizó un estudio en el bosque siempreverde piemontano de la microcuenca del río Puyo, donde se reportó 65 especies de 30 familias botánicas, las familias que presentaron mayor número de especies fueron Fabaceae, Euphorbiaceae y Lauraceae (García et al., 2021). En la provincia de Napo en un bosque siempreverde piemontano en la cuenca del río Piatúa, un estudio reporta 68 especies de 32 familias botánicas, siendo las familias Arecaceae, Fabaceae y Moraceae las que registraron mayor número de especies (Patiño et al., 2015). Esta diferencia radica en que los bosques de estas localidades tienen mayor influencia de elementos florísticos típicos de un bosque húmedo tropical de la Amazonía ecuatoriana (Peñuela et al., 2019).

7.2. Estructura vertical y horizontal del bosque

La estructura vertical del bosque manifiesta la presencia de árboles de gran altura, de aproximadamente 20 m, lo cual concuerda con lo establecido para este tipo de bosque, cabe mencionar que existe evidencia también de individuos emergentes por encima del dosel (MAE, 2013). Los resultados reflejaron que el mayor número de individuos se registró en el estrato intermedio y estrato alto, representando el 94,87 % de los individuos registrados. Estos datos se contraponen con lo reportado por Aguirre et al. (2018); Dueñas et al. (2006) y García et al. (2020), quienes han registrado un mayor número de individuos en las clases de altura del estrato bajo y estrato intermedio, siendo un patrón característico determinado por una disminución progresiva del

número de individuos a medida que aumenta la altura (Louman et al., 2001), las variaciones de la estructura vertical del bosque podría estar relacionada a la dinámica de los ecosistemas montañosos con grandes pendientes y evidentes diferencias florísticas entre los estratos del bosque (Ariza et al., 2008; García et al., 2020).

Los resultados obtenidos en términos de índice de posición social relativa, permitió identificar que las especies se encuentran en declive en la estructura vertical del área de estudio, siendo evidente el predominio de un patrón de distribución vertical discontinuo, teniendo únicamente el 4,17 % de especies presentes en todos los estratos, haciéndolas vulnerables a futuros cambios ambientales, estos resultados se corresponden con los reportados por García et al. (2020) en donde pocas especies presentaron una distribución continua, siendo *Wettinia maynensis* Spruce la especie con mayor porcentaje. Esto sugiere la necesidad de buscar estrategias para asegurar la regeneración natural según el grupo ecológico al que pertenezcan las especies vulnerables.

En cuanto a la estructura horizontal que presentó el bosque en el área de estudio, evidenció un distribución de J invertida, en donde se pudo observar que el 82,05 % de los individuos se registraron en las dos primeras clases diamétricas entre 10 – 29,99 cm DAP, típico de comunidades arbóreas uniformes y que se autosustentan; estos datos corresponden a lo reportado en un bosque siempreverde piemontano en la provincia de Pastaza (García et al., 2020). Se han reportado otras investigaciones con un patrón similar a la estructura diamétrica descrita en esta investigación; dicho patrón lo relacionan con la presencia de poblaciones arbóreas mixtas de diferentes tasas de crecimiento y estados sucesionales, competencia por los nutrientes del suelo y actividades antrópicas como la tala selectiva de árboles maderables (Espejo et al., 2018; Freitas et al., 2019; Jiménez et al., 2016; Louman et al., 2001).

Las cinco especies con mayor índice de valor importancia ecológica registrada en esta investigación representan el 45,22 % de la estructura ecológica del bosque, evidenciándose que *Aniba muca* fue la especie con mayor IVI representada por una mayor dominancia, seguido de *Wettinia maynensis* quien reportó una mayor abundancia. Estos resultados corresponden con lo reportado en un bosque siempreverde amazónico de la provincia de Pastaza, en el cual *Wettinia maynensis* presentó un mayor índice de importancia ecológica debido a su gran abundancia (García et al., 2020). Sin embargo, otras investigaciones desarrolladas en sitios con características geográficas y climáticas similares han registrado diferentes especies con mayor IVI, por ejemplo,

Alsophila cuspidata presentó un IVI de 17,41 (Maldonado et al., 2018); *Alchornea glandulosa* presentó un IVI de 6,88 (Aguirre et al., 2018) en un bosque de Zamora Chinchipe. Por otra parte, en la provincia de Napo se ha registrado un IVI de 12,40 para *Iriartea deltoidea* (Patiño et al., 2015b); para la provincia de Pastaza se ha registrado que *Iriartea deltoidea* presentó un IVI de 40,04 y *Cecropia sciadophylla* un IVI de 25,97 (Sánchez et al., 2017). Estos estudios dan cuenta de la diferencia florística que existe entre los bosques piemontanos de la cordillera del Cóndor-Kutukú y los bosques piemontanos del norte de la cordillera de los Andes (MAE, 2014).

7.3. Diversidad Específica

Los valores del Índice de Shannon de la presente investigación indican una diversidad media. Estos resultados concuerdan con lo reportado en un bosque siempreverde piemontano en la provincia de Zamora Chinchipe con una diversidad media de 3,4 (Jiménez et al., 2017), y con los datos reportados para un bosque siempreverde piemontano de la comunidad San Pedro, provincia de Pastaza, donde se registró una diversidad media de 3,01 (Guerrero et al., 2020). Por otra parte, en un bosque siempreverde piemontano de la provincia de Napo en la cuenca del río Piatúa se ha reportado una diversidad de 3,52 correspondiente a diversidad alta (Patiño et al., 2015). A pesar de que el valor de diversidad específica del presente estudio es medio, es un valor muy significativo tomando en cuenta que se trata de un bosque con un historial de perturbación antrópica. Por otra parte, el elevado porcentaje (79,17 %) de especies representadas por pocos individuos, es característico de la alta diversidad de los bosques amazónicos (Bravo, 2014).

7.4. Estimación de biomasa y carbono aéreo

Los resultados de biomasa aérea registrada en esta investigación se corresponden con los reportados en Amazonía occidental con un valor de 297 Mg ha⁻¹ (Mitchard et al., 2014). También concuerdan con lo obtenido por Torres et al. (2020) en un bosque siempreverde de Napo con valores de 290 a 340 Mg.ha⁻¹. Por otra parte, en otros estudios se han reportado valores considerablemente bajos, tal es el caso de un bosque siempreverde piemontano de la provincia de Zamora Chinchipe con un valor de 199,4 Mg ha⁻¹ de biomasa aérea (Jadán et al., 2017b); en la provincia de Morona Santiago en el bosque siempreverde montano, con un valor de biomasa aérea de 83 Mg ha⁻¹ (Jumbo et al., 2017), y el caso de un bosque de tierras bajas de Amazonía ecuatoriana donde se reportó una biomasa de 124,84 Mg ha⁻¹ (Cuenca et al., 2014). Otras investigaciones también han reportado valores de biomasa aérea superiores, como es el caso de la microcuenca del

rio Puyo donde se ha reportado una biomasa de 339,70 Mg ha⁻¹ (García et al., 2021). La gran variedad en el contenido de biomasa aérea registrada en los diferentes tipos de bosques es atribuida al estado de conservación en el que se encuentran, ya que los que presentan bajo contenido de biomasa evidencian la presencia de perturbaciones antrópicas que son generadas a través de la expansión de la frontera agrícola y aprovechamiento de madera (Santander & Quintana, 2022).

En cuanto al carbono almacenado a partir de la biomasa aérea registrada en el sitio de estudio, se logró estimar un stock de 135,16 Mg ha⁻¹. Moser et al. (2011) en un bosque siempreverde en la provincia de Zamora Chinchipe, reporto un valor de 153,57 Mg ha⁻¹. Por otra parte, en un bosque siempreverde en la provincia de Sucumbíos se obtuvo un stock de carbono almacenado de 135,8 Mg ha⁻¹ (Cabrera et al., 2019). El valor promedio de carbono obtenido en la Evaluación Nacional Forestal del 2014, para el estrato Siempreverde de Tierras Bajas de la Amazonía es de 161,79 (T/ha) con una desviación estándar de 30,13 (MAE & FAO, 2014), con estos antecedentes, se puede evidenciar que el valor reportado en este estudio se encuentra dentro de los rangos de stock de carbono. Actualmente se menciona que los bosques amazónicos son de vital importancia para el mundo debido a que funcionan como un gran sumidero de carbono, por la gran cantidad de biomasa aérea que acumulan las especies forestales y además, por estar ubicados en una de las zonas con mayor biodiversidad del planeta (Lozano et al., 2018; Palacios et al., 2017; Ureta, 2015).

El índice de valor de biomasa es un parámetro fitosociológico de abundancia, dominancia y acumulación de biomasa (Torres et al., 2020), mediante el cual, se logró identificar las especies que mayor contribución tienen en la acumulación de biomasa aérea y stock de carbono. En el bosque piemontano de la cordillera del Cóndor-Kutukú, las especies con mayor aporte de biomasa son *Aniba muca*, *Wettinia maynensis*, *Jacaranda copaia*, *Vochysia sp.*, y *Ladenbergia oblongifolia*. Estos resultados aportan información de gran importancia para establecer programas de recuperación en zonas aledañas al área de estudio que actualmente se encuentran perturbadas o fragmentadas debido a la expansión agrícola, además del mal manejo y aprovechamiento de los recursos forestales. En varios estudios se ha reportado el índice de valor de biomasa como una herramienta para establecer un adecuado programa de restauración forestal, debido a que está construido con bases científicas fundamentadas sobre las poblaciones con mayor peso ecológico y

con la capacidad de mantener las reservas de carbono (García et al., 2021; Santander & García 2022; Torres et al., 2020).

8. CONCLUSIONES

La composición florística del bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú está representada por 48 especies, dentro de 38 géneros y 21 familias, con un aproximado de 780 individuos/ha mayores a 10 cm de diámetro, siendo las familias Lauraceae, Melastomataceae y Moraceae las que mayor número de especies registraron.

La estructura vertical del bosque del área de estudio presenta una distribución en forma de campana, y un índice de posición social relativa con predominio de un patrón de distribución vertical discontinuo, siendo *Wettinia maynensis* y *Vochysia* sp. las especies que presentaron los mejores índices de posición social relativa, ya que están presentes en los tres estratos. En contraste especies como *Otoba glicycarpa*, *Palicourea amethystina*, *Virola sebifera* entre otras, únicamente están presentes en un estrato de la comunidad; esto indica que es necesario explorar estrategias de conservación para asegurar la permanencia de todas las especies en los tres estratos.

La estructura horizontal presentó una distribución de J invertida típico de comunidades arbóreas uniformes y que se autosustentan. Sin embargo, la presencia de pocos árboles de clases diamétricas superiores a 60 cm de DAP sugiere que este tipo de bosque ha sufrido eventos de tala selectiva de madera en el pasado, que provoca la estructura de un bosque primario intervenido.

Las especies con mayor índice de valor de importancia ecológica fueron *Aniba muca*, *Wettinia maynensis*, *Jacaranda copaia*, *Vochysia* sp. y *Ladenbergia oblongifolia*, siendo estas las especies más dominantes ecológicamente. En cuanto a la diversidad alfa presente en el área de estudio corresponde a una diversidad media, con un valor de 3,36, valor significativo considerando que se trata de un bosque con un historial de intervención antrópica.

La biomasa aérea acumulada en el bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú es de 287,58 Mg ha⁻¹ y un stock de carbono almacenado de 135,16 Mg ha⁻¹, reafirmado con estos valores la importancia de los bosques amazónicos como sumideros de carbono.

De acuerdo a los resultados del índice de valor de importancia de biomasa, las especies que mayor contribución tienen en la acumulación de biomasa aérea y stock de carbono fueron *Aniba muca*, *Wettinia maynensis*, *Jacaranda copaia*, *Vochysia* sp., y *Ladenbergia oblongifolia*.

El bosque siempreverde Piemontano de la Cordillera de El Cóndor-Kutukú de la parroquia Tímbara, es un buen ejemplo de los ecosistemas piemontanos amazónicos del Sur, con estructura, composición y diversidad característicos, pero que evidencian la existencia de perturbación antrópica.

9. RECOMENDACIONES

Realizar monitoreo de las parcelas para poder obtener información sobre dinámica de poblaciones.

Realizar estudios complementarios para conocer la incidencia que tiene la fauna en el desarrollo del bosque piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú

Realizar el inventario con el levantamiento de información de la vegetación arbustiva y herbácea del bosque, así como también implementar estudios de otros grupos funcionales como la epífitas

Completar el levantamiento de información referente al carbono almacenado en otros compartimentos del bosque (necromasa), biomasa de los estratos arbustivo y herbáceo.

Elaborar una guía interactiva sobre las especies de la zona de estudio, con la descripción botánica, distribución geográfica, usos y ecología con el fin de promover la educación ambiental y conservar este tipo de bosque.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, puede ser considerados como una base para futuras investigaciones y planificación de estrategias de conservación y manejo de la biodiversidad.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z., Celi, H., & Herrera, C. (2018). Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés, cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Arnaldoa*, 25(3), 923–938. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25306>
- Aguirre Z. (2019). Métodos para medir la Biodiversidad. Primera Edición. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. ISBN: 978-9942-36-127-1
- Alvarez, G. (2008). *Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia*. [Tesis de Posgrado de Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques]. <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/7218>
- Alvis, J. (2009). Structural analysis of a natural forest area located in the rural municipality of Popayán. *Unicauca*, 7(1), 116-122. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/710/338>
- Ariza Cortés, W., Toro Murillo, J. L., & Lores Medina, A. (2008). Análisis florístico y estructural de los bosques premontanos en el municipio de Amalfi (Antioquia, Colombia). *Colombia Forestal*, 12, 81. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2009.1.a07>
- Barrera, C., Bastidas, P., Caicedo, F., Calero, D., Casasola, A., Calderón, C., Chavéz, F., Congo, J., Filho, V., Alejandra, D., & Fernández, F. (2016). Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, N° 2. *INIAP-Estación Experimental Central Amazónica*, 445, 3–11. [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5444/1/Agroforestería sostenible en la Amazonia ecuatoriana.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5444/1/Agroforestería%20sostenible%20en%20la%20Amazonia%20ecuatoriana.pdf)
- Baselga, A., & Gómez, C. (2019). Alpha, beta and gamma diversity: measuring differences in biological communities. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 26, 39–45. <http://webspersoais.usc.es/export9/sites/persoais/persoais/andres.baselga/pdfs3/Baselga-Gomez-Rodriguez2019.pdf>
- Bravo, E. (2014). La Biodiversidad en el Ecuador. *Universitaria Abya-Yala*, 26, 40-112. [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La Biodiversidad.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La%20Biodiversidad.pdf)

- Briones, O., Búrquez, A., Martínez-Yrizar, A., Pavón, N., & Perroni, Y. (2018). Biomass and productivity in mexican arid lands. *Madera y Bosques*, 24. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401898>
- Cabrera, M., Segura, E., Sinche, F., Maldonado, L., & Tierras, J. (2019). Estructura y estimación del carbono acumulado en el estrato arbóreo de un bosque siempreverde de tierras bajas: Caso Parque Ecológico Recreacional Lago Agrio, Sucumbíos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 13(1), 93–101. <https://doi.org/10.18779/cyt.v13i1.352>
- 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), 203. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a06>
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B. C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P. M., Goodman, R. C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W. A., Muller-Landau, H. C., Mencuccini, M., Nelson, B. W., Ngomanda, A., Nogueira, E. M., Ortiz-Malavassi, E., ... Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10), 3177–3190. <https://doi.org/10.1111/GCB.12629>
- 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. *Revista CEDAMAZ*, 4(1), 21–31. <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/226>
- Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M. T., Postigo, J., & Peralvo, M. (2012). Panorama andino sobre cambio climático. *Condesa*, 1, 167. <http://www20.iadb.org/intal/catalogo/PE/2013/12414.pdf>
- de la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Marcia, M., & Balslev, H. (2008). Enciclopedia De Plantas Útiles Del Ecuador. *Herbario QCA de La Escuela de Ciencias Biológicas de La Pontificia Universidad Católica Del Ecuador & Herbario AAU Del Departameto de Ciencias Biológicas de La Universidad de Aarhus. Quito & Aarhus.*, 1, 1–3. https://www.researchgate.net/publication/310828407_Enciclopedia_de_las_Plantas_Utiles_del_Ecuador

- Dueñas, A., Betancur, J., & Galindo, R. (2006). Estructura y composición florística de un bosque húmedo tropical del Parque Nacional Natural Catatumbo Barí, Colombia. *Colombia Forestal*, 10(20), 26. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2007.1.a02>
- Eguiguren, P., Maita, J., Aguirre, N., Ojeda, T., Samaniego, N., Furniss, M., Howe, C., & Aguirre, Z. (2016). Tropical ecosystems vulnerability to climate change in southern Ecuador. *Tropical Conservation Science*, 9(4). <https://doi.org/10.1177/1940082916668007>
- Espejo, J., Messinger, M., Román, F., Ascorra, C., Fernandez, L., & Silman, M. (2018). Deforestation and forest degradation due to gold mining in the Peruvian Amazon: A 34-year perspective. *Remote Sensing*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/RS10121903>
- FAO & PNUMA. (2020). El estado de los bosques del mundo 2020. *Los bosques, la biodiversidad y las personas*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Fernández, Y. (2017). *Revisión de Métodos para la Estimación de Captura de Carbono Almacenadas en Bosques Naturales* [Tesis de maestría, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16394/FenándezLosadaMagdaYolima2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Finol, H. (1976). Estudio fitosociológico de las unidades 2 y 3 de la reserva forestal de Caparo, Estado Barinas. *Acta Botánica Venezolana*, 11(1), 91–103. <https://www.jstor.org/stable/41750842?seq=1>
- Fonseca, W. (2017). Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 91. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.5>
- Freitas, J., Dos, E., Borges, C., Cruz, F., & Santos, A. (2019). Structural Analysis and Distribution Patterns in Lowland Tropical Forest, Eastern Amazon. *Journal of Agricultural Studies*, 7(2), 240. <https://doi.org/10.5296/JAS.V7I4.15366>
- García, L. R., Curetti, G., Garegnani, G., Grilli, G., Pastorella, F., & Paletto, A. (2016). La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales: Un caso de estudio en Los Alpes Italianos. *Bosque*, 37(1), 41–52. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000100005>

- García-Quintana, Y., Arteaga-Crespo, Y., Torres-Navarrete, B., Bravo-Medina, C., & Robles-Morillo, M. (2021). Aerial biomass of botanical families in piedmont evergreen forest subject to intervention levels. *Colombia Forestal*, 24(1), 45–59. <https://doi.org/10.14483/2256201X.15939>
- García, Y., Arteaga, Y., Torres, B., Robles, M., Bravo, C., & Sarmiento, A. (2020). Ecological quality of a forest in a state of succession based on structural parameters: A case study in an evergreen Amazonian-Andean forest, Ecuador. *Heliyon*, 6(7), e04592. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2020.E04592>
- Goodman, R., Phillips, O., Del Castillo, D., Freitas, L., Cortese, S., Monteagudo, A., & Baker, T. (2013). Amazon palm biomass and allometry. *Forest Ecology and Management*, 310, 994–1004. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.09.045>
- Guerrero Rubio, J. P., Tasambay Salazar, A. M., Cofre Santos, F., Jácome Segovia, C. S., Valverde Lara, C. R., & Jiménez Rojas, Y. (2020). Evaluación y restauración ecológica “Lisan Wasi” comunidad San Pedro, parroquia Tarqui, Cantón Pastaza. *Ciencia y Tecnología*, 13(1), 17–25. <https://doi.org/10.18779/cyt.v13i1.344>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2006). *Cambio climático y biodiversidad*. Capítulo 4: Tierras forestales, 44 pp. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., Casasola, F., & Rojas, J. (2013). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 6(3), 1–3. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7934>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2020). *Bosques en América del Sur*. <https://www.iucn.org/es/regiones/américa-del-sur/nuestro-trabajo/soluciones-basadas-en-la-naturaleza-para-hacer-frente-los-retos-de-la-sociedad/bosques-en-américa-del-sur>
- Izurieta, X. (2018). Programa Regional ABE Ecuador. *Ministerio Del Ambiente de Ecuador*, 1, 62-63. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/150626-opac>
- Jadán, O., Quizhpe, W., Pacheco, E., González, M., Ponce, E., Aguirre, Z., & Peña, D. (2017a).

- Riqueza florística y carbono almacenado en tres pisos altitudinales de bosques amazónicos, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(1), 1–16. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/172>
- Jiménez, A. (2021). La diversidad mejora el almacenamiento de carbono en los bosques tropicales. *Recimundo*, 5(3), 316–323. [https://doi.org/10.26820/recimundo/5.\(3\).sep.2021.316-323](https://doi.org/10.26820/recimundo/5.(3).sep.2021.316-323)
- Jiménez, A., Pionce, G., Sotolongo, R., & Ramos, M. (2016). Perturbaciones humanas sobre la composición y estructura del bosque semidecíduo mesófilo, reserva de la biósfera Sierra del Rosario, Cuba. *Sathiri*, 10, 196. <https://doi.org/10.32645/13906925.185>
- Jiménez, L., Gusmán, J., Capa-Mora, D., Quichimbo, P., Mezquida, E., Benito, M., & Rubio, A. (2017). Riqueza y diversidad vegetal en un bosque siempreverde piemontano en los Andes del sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(1), 17–29.
- Jumbo, A., Arévalo, D., & Ramirez, L. (2017). Medición de carbono del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza, Ecuador. *La Granja*, 27(1), 51–63. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.04>
- León, R., Chamba, V., & León, L. (2022). Diagnóstico turístico en la parroquia Timbara, cantón Zamora, Provincia Zamora Chinchipe (Ecuador). *Res Non Verba Revista Científica*, 12(1), 107–128. <https://doi.org/10.21855/resnonverba.v12i1.607>
- López, L., Becoche, J., Macías, D., Ruiz, K., & Pineda, S. (2015). Estructura y Composición Florística de La Reserva Forestal - Institución Educativa Cajete, Popayán (Cauca). *Revista Colombia Forestal*, 10(20). <http://vip.ucaldas.edu.co/lunazul/index.php/english-version/91-coleccion-articulos-espanol/107-estructura-y-composicion-floristica>
- López, R. (2007). Productos Forestales no Maderables: Importancia e Impacto de su Aprovechamiento. *Colombia Forestal*, 11, 215. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2008.1.a14>
- Louman, B., Quirós, D., & Nilsson, M. (2001). *Silvicultura de Bosques* (p. 265). <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3971>
- Lozano, D., Palacios, B., & Aguirre, Z. (2018). Allometric models to estimate stocks carbon in the lower montane forests in south of Ecuador. *Ciencia Florestal*, 28(3), 1328–1339.

<https://doi.org/10.5902/1980509833464>

Ministerio del Ambiente del Ecuador & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Evaluación Nacional forestal: resultados*. Ecuador. <http://geonetwork.ambiente.gob.ec/documents/10179/185860/MAE+2014a.+Evaluacion+Nacional+Forestal+-+Resultados.pdf/3733cfe0-c2e5-4813-95af-8197533bd3a3;jsessionid=5rK0xP7SIgcwsdNHYZzQP7Go?version=1.0>

Maldonado, S., Herrera, C., Gaona, T., & Aguirre, Z. (2018). Estructura y composición florística de un bosque siempreverde montano bajo en Palanda , Zamora Chinchipe , Ecuador. *Arnaldoa*, 25(2), 615–630. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992018000200016&script=sci_arttext&tlng=en

Martínez, R., Viguera, B., Donatti, C. I., Harvey, C. A., & Alpízar, F. (2017). La importancia de los servicios ecosistémicos para la agricultura. *División de Investigación y Desarrollo*. https://www.researchgate.net/publication/326929013_La_importancia_de_los_servicios_ecosistemicos_para_la_agricultura_Mod_3

Mendoza, C., & Jiménez, G. (2017). Relación entre el efecto invernadero y el cambio climático desde la perspectiva del sector agrario. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 64(2), 6081–6091. <https://doi.org/10.15446/rfnam>

Ministerio del Ambiente. (2012). *MAE promueve conservación y recuperación de bosques tropicales*. <https://www.ambiente.gob.ec/mae-promueve-conservacion-y-recuperacion-de-bosques-tropicales/>

Ministerio del Ambiente. (2013). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.

Ministerio del Ambiente. (2014). *Programa Conservación de Bosques y REDD*. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/8.REDD_.pdf

Ministerio del Ambiente. (2018). *Deforestación Del Ecuador Continental Periodo 2014-2016*. Journal of Materials Processing Technology.

Mitchard, A., Feldpausch, R., Brienen, W., Lopez, G., Monteagudo, A., Baker, R., Lewis, L., Lloyd, J., Quesada, A., Gloor, M., Steege, H., Meir, P., Alvarez, E., Araujo, A., Aragão, C.,

- Arroyo, L., Aymard, G., Banki, O., Bonal, D., ... Phillips, L. (2014). Markedly divergent estimates of Amazon forest carbon density from ground plots and satellites. *Global Ecology and Biogeography*, 23(8), 935–946. <https://doi.org/10.1111/GEB.12168>
- Montaño, D. (2021). *Nuevo estudio: en los últimos 26 años Ecuador ha perdido más de 2 millones de hectáreas de bosque*. <https://ocaru.org.ec/2021/03/18/nuevo-estudio-en-los-ultimos-26-anos-ecuador-ha-perdido-mas-de-2-millones-de-hectareas-de-bosque/>
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M&T-Manuales y Tesis SEA*, 1,84. <http://entomologia.rediris.es/sea>
- Moser, G., Leuschner, C., Hertel, D., Graefe, S., Soethe, N., & Iost, S. (2011). Elevation effects on the carbon budget of tropical mountain forests (S Ecuador): The role of the belowground compartment. *Global Change Biology*, 17(6), 2211–2226. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02367.x>
- Palacios, B., Mendoza, Z., Lozano, D., & Yaguana, C. (2017). Riqueza, estructura y diversidad arbórea del bosque montano bajo, Zamora Chinchipe-Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 6(2). <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/233>
- Parker, G. G., & Brown, M. J. (2000). Forest canopy stratification - Is it useful? *American Naturalist*, 155(4), 473–484. <https://doi.org/10.1086/303340>
- Patiño, J., Lozano C., P., Tipán, C., Navarrete, H., López, R., Asanza, M., & Torres, B. (2015a). Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m s.n.m. en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador. *Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(2), 166–214. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5292893&info=resumen&idioma=SPA>
- Peña, M. A. (2007). Correcciones de una imagen satelital ASTER para estimar parámetros vegetacionales en la cuenca del río Mirta, Aisén. *Bosque (Valdivia)*, 28(2), 162–172. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002007000200009>
- Peñuela, M. C., Bustillos-Lema, M., Álvarez-Solas, S., & Núñez-Avellaneda, L. A. (2019). Reproductive phenology variation of the multiple inflorescence-palm tree *Wettinia maynensis* in relation to climate, in a Piedmont forest in western Amazonia. *Trees - Structure and*

Function, 33(3), 867–876. <https://doi.org/10.1007/s00468-019-01824-7>

- Pereira, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Mauro, F., Calle, A., & Velarde, M. J. (2011). Biodiversidad. *Proyecto UNICA “Universidad En El Campo” Universidad de Caldas - Unión Europea*, 53, 13–56. <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4770/biodiversidad.pdf>
- Pérez, C. X., & Zaragoza, S. (2015). Alpha and beta diversity of Cantharidae (Coleoptera) in the tropical dry forest of the Mexican Pacific slope. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3), 771–781. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.07.001>
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador. (2020). *Regiones naturales Ecuador*. Bioweb. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales>
- Rodríguez, N. (2013). Guía para la cuantificación de la biomasa y el carbono forestal, generación de modelos y uso de herramientas para su estimación. *Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ade19e5bcb8e.pdf>
- Romero, Y. (2020). *Caracterización de la composición florística y el suelo del bosque húmedo tropical del sector Santa Rosa, valle Sancán, Manabí, Ecuador*. <https://1library.co/document/zp252g4y-caracterizacion-composicion-floristica-humedo-tropical-sancan-manabi-ecuador.html>
- Sablón Cossío, N., Radice, M., Luna Murillo, M., & Manjarrez Fuentes, N. (2018). Biocomercio y biodiversidad en el Ecuador. *Revista científica ecociencia*, 3(6), 1–27. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.36.15>
- Sánchez Villacis, H., García Quintana, Y., Geada López, G., Arteaga Crespo, Y., Rios Obregon, J., & Guerero Rubio, J. (2017). Efecto del grado de antropización en la estructura, en tres sitios fragmentados bosque siempreverde piemontano. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 5(2), 172–180. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6090121>
- Santander, V., & Quintana-Garcia, Y. (2022). Evaluación de biomasa aérea acumulada y sostenibilidad ecológica en bosques amazónicos: estudio de caso comunidad Cotococha. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(1996–2452), 1–15. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/719>

- Solomon, S., Qin, D., & Manning, M. (2017). Evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático (IPPC). *Cuarto Informe de Evaluación Del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático (IPPC)*, 77. https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml
- Terborgh, J. (1985). El componente vertical de la diversidad de especies de plantas en bosques templados y tropicales. *The American Naturalist*, 126(6), 760–776. <https://www.jstor.org/stable/2461255>
- Torres, B., Vasseur, L., López, R., Lozano, P., García, Y., Arteaga, Y., Bravo, C., Barba, C., & García, A. (2020). Structure and above ground biomass along an elevation small-scale gradient: case study in an Evergreen Andean Amazon forest, Ecuador. *Agroforestry Systems*, 94(4), 1235–1245. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-00342-8>
- Ulloa, A., Camacho, D., Arias, D., Valverde, J. (2018). Análisis del mercado de biomasa forestal con fines energéticos en la zona de Guanacaste, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15, 45–52. <https://doi.org/10.18845/RFMK.V15I1.3722>
- Unión Europea. (2022). *Cambio climático: cómo mejorar la gestión de los bosques como sumideros de carbono*. https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2017/7/story/20170711STO79506/20170711STO79506_es.pdf
- Universidad de Cantabria. (2017). *Los biomas de las regiones tropicales e intertropicales*. <https://ocw.unican.es/mod/page/view.php?id=965>
- Ureta, M. (2015). Aboveground biomass input of Myristicaceae tree species in the Amazonian Forest in Peru. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 263–273. https://www.researchgate.net/publication/281262123_Aboveground_biomass_input_of_Myristicaceae_tree_species_in_the_Amazonian_Forest_in_Peru
- Uribe, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. *CEPAL*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/39855-cambio-climatico-sus-efectos-la-biodiversidad-america-latina>
- Valderrama, C., Castillo, J., Torres, J., Guzmán, A., Forero, V., Duque, C., Sepúlveda, Y., &

Montenegro, S. (2019). *Secuestro y almacenamiento de carbono*.
<https://doi.org/10.22490/9789586516358.06>

Young, B., Josse, C., Stern, M., Vasconez, S., Olander, J., & Smyth, R. (2015). *Hotspot de biodiversidadde Los Andes Tropicales*.
https://www.cepf.net/sites/default/files/tropicalandes_techsummary_sp.pdf

11. ANEXOS

Anexo 1. Índice de posición social relativa (RSPI) de las especies del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.

Nombre científico	Bajo	Medio	Alto	PSa	RSPI (%)
<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	4	14	5	9,51	13,43
<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	0	6	12	8,35	11,79
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	0	4	4	3,79	5,36
<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	0	4	4	3,79	5,36
<i>Ryania speciosa</i> Vahl	0	6	1	3,48	4,92
<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	0	4	3	3,35	4,74
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	0	2	5	3,22	4,56
<i>Vochysia</i> sp.	1	1	6	3,21	4,54
<i>Lozania</i> sp.	0	1	6	3,16	4,46
<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	0	2	4	2,78	3,93
<i>Hieronyma</i> sp.	0	3	2	2,40	3,40
<i>Chrysochlamys depende</i> Planch. & Triana	0	2	1	1,46	2,06
<i>Naucleopsis krukovii</i> (Standl.) C.C. Berg	0	1	2	1,39	1,97
<i>Miconia</i> sp.	0	2	0	1,01	1,43
<i>Palicourea luteonivea</i> C.M. Taylor	0	2	0	1,01	1,43
<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	0	2	0	1,01	1,43
<i>Cedrela</i> sp.	0	1	1	0,95	1,34
<i>Inga</i> sp.	0	1	1	0,95	1,34
<i>Nectandra reticulata</i> Mez	0	1	1	0,95	1,34
<i>Cecropia</i> sp.	0	0	2	0,88	1,25
<i>Graffenrieda miconioides</i> Naudin	0	0	2	0,88	1,25
<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	0	1	0	0,51	0,72
<i>Blakea henripittieri</i> Penneys & Almeda	0	1	0	0,51	0,72
<i>Clarisia biflora</i> Ruiz & Pav.	0	1	0	0,51	0,72
<i>Elaeagia myriantha</i> (Standl.) C.M. Taylor & Hammel	0	1	0	0,51	0,72
<i>Ficus cuatrecasasiana</i> Dugand	0	1	0	0,51	0,72
<i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana) L.O. Williams	0	1	0	0,51	0,72
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	0	1	0	0,51	0,72
<i>Miconia calvescens</i> DC.	0	1	0	0,51	0,72
<i>Nectandra lineata</i> (Kunth) Rohwer	0	1	0	0,51	0,72
<i>Nectandra purpurea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	0	1	0	0,51	0,72
<i>Neea divaricata</i> Poepp. & Endl.	0	1	0	0,51	0,72
<i>Neea ovalifolia</i> Spruce ex J.A. Schmidt	0	1	0	0,51	0,72

<i>Otoba glycyarpa</i> (Ducke) W.A.Rodrigues & T.S.Jaram.	0	1	0	0,51	0,72
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	0	1	0	0,51	0,72
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	0	1	0	0,51	0,72
<i>Sorocea trophoides</i> W.C.Burger	0	1	0	0,51	0,72
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	0	1	0	0,51	0,72
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	0	1	0	0,51	0,72
<i>Trichilia martiana</i> C. DC.	0	1	0	0,51	0,72
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	0	1	0	0,51	0,72
<i>Batocarpus orinocensis</i> H. Karst.	0	0	1	0,44	0,62
<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K.Hoffm.	0	0	1	0,44	0,62
<i>Pleurothyrium bilocellatum</i> van der Werff	0	0	1	0,44	0,62
<i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer	0	0	1	0,44	0,62
<i>Tetrorchidium macrophyllum</i> Müll.Arg.	0	0	1	0,44	0,62
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	0	0	1	0,44	0,62
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	0	0	1	0,44	0,62
Total					100

Anexo 2. Parámetros estructurales del estrato arbóreo registrados en Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.

Nº	Nombre científico	AR	DomR	FR	IVI (%)
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	11,54	34,04	3,13	16,23
2	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	14,74	13,73	4,69	11,05
3	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	5,13	11,96	3,13	6,74
4	<i>Vochysia</i> sp.	5,77	11,16	1,56	6,16
5	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	4,49	7,47	3,13	5,03
6	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	5,13	4,45	1,56	3,71
7	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	5,13	3,73	1,56	3,47
8	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	4,49	2,27	3,13	3,29
9	<i>Lozania</i> sp.	4,49	3,62	1,56	3,22
10	<i>Ryania speciosa</i> Vahl	4,49	1,51	3,13	3,04
11	<i>Hieronyma</i> sp.	3,21	1,69	1,56	2,15
12	<i>Naucleopsis krukovii</i> (Standl.) C.C. Berg	1,92	0,41	3,13	1,82
13	<i>Chrysochlamys depende</i> Planch. & Triana	1,92	0,35	3,13	1,80
14	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	0,64	0,02	4,69	1,78
15	<i>Cedrela</i> sp.	1,28	0,71	3,13	1,70
16	<i>Graffenrieda miconioides</i> Naudin	1,28	0,29	3,13	1,56
17	<i>Nectandra lineata</i> (Kunth) Rohwer	0,64	0,05	3,13	1,27
18	<i>Neea divaricata</i> Poepp. & Endl.	0,64	0,03	3,13	1,27

19	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	0,64	0,02	3,13	1,26
20	<i>Inga</i> sp.	1,28	0,47	1,56	1,11
21	<i>Cecropia</i> sp.	1,28	0,40	1,56	1,08
22	<i>Miconia</i> sp.	1,28	0,28	1,56	1,04
23	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	1,28	0,09	1,56	0,98
24	<i>Nectandra reticulata</i> Mez	1,28	0,08	1,56	0,98
25	<i>Palicourea luteonivea</i> C.M. Taylor	1,28	0,06	1,56	0,97
26	<i>Batocarpus orinocensis</i> H. Karst.	0,64	0,22	1,56	0,81
27	<i>Elaeagia myriantha</i> (Standl.) C.M. Taylor & Hammel	0,64	0,12	1,56	0,77
28	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	0,64	0,11	1,56	0,77
29	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	0,64	0,08	1,56	0,76
30	<i>Tetrorchidium macrophyllum</i> Müll. Arg.	0,64	0,08	1,56	0,76
31	<i>Trichilia martiana</i> C.DC.	0,64	0,06	1,56	0,75
32	<i>Nectandra purpurea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	0,64	0,04	1,56	0,75
33	<i>Blakea henripittieri</i> Penneys & Almeda	0,64	0,04	1,56	0,75
34	<i>Otoba glycyarpa</i> (Ducke) W.A.Rodrigues & T.S. Jaram.	0,64	0,03	1,56	0,75
35	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	0,64	0,03	1,56	0,75
36	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	0,64	0,03	1,56	0,75
37	<i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana) L.O. Williams	0,64	0,03	1,56	0,74
38	<i>Pleurothyrium bilocellatum</i> van der Werff	0,64	0,03	1,56	0,74
39	<i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer	0,64	0,03	1,56	0,74
40	<i>Ficus cuatrecasasiana</i> Dugand	0,64	0,03	1,56	0,74
41	<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	0,64	0,02	1,56	0,74
42	<i>Sorocea trophoides</i> W.C.Burger	0,64	0,02	1,56	0,74
43	<i>Clarisia biflora</i> Ruiz & Pav.	0,64	0,02	1,56	0,74
44	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	0,64	0,02	1,56	0,74
45	<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	0,64	0,02	1,56	0,74
46	<i>Neea ovalifolia</i> Spruce ex J.A. Schmidt	0,64	0,02	1,56	0,74
47	<i>Miconia calvescens</i> DC.	0,64	0,02	1,56	0,74
48	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	0,64	0,01	1,56	0,74
Total		100	100	100	100

Anexo 3. Biomasa y carbono almacenado en el estrato arbóreo del Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.

Parcela	Nombre Científico	Dap (cm)	Densidad	AGB (Kg)	AGB (Mg)	Carbono/Ha
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	42,34	0,60	1455,96	1,46	0,68
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	10,09	0,60	40,85	0,04	0,02
1	<i>Sorocea trophoides</i> W.C. Burger	12,61	0,63	75,20	0,08	0,04
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	43,04	0,60	1515,64	1,52	0,71
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	12,35	0,60	68,10	0,07	0,03
1	<i>Lozania</i> sp.	10,82	0,52	42,42	0,04	0,02
1	<i>Neea ovalifolia</i> Spruce ex J.A. Schmidt	10,82	0,77	62,23	0,06	0,03
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	66,53	0,60	4377,48	4,38	2,06
1	<i>Tetrorchidium macrophyllum</i> Müll. Arg.	22,92	0,46	244,51	0,24	0,11
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	14,96	0,60	110,34	0,11	0,05
1	<i>Lozania</i> sp.	30,56	0,52	568,04	0,57	0,27
1	<i>Lozania</i> sp.	13,75	0,52	77,63	0,08	0,04
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	25,62	0,60	422,53	0,42	0,20
1	<i>Lozania</i> sp.	15,09	0,52	98,02	0,10	0,05
1	<i>Lozania</i> sp.	19,10	0,52	176,86	0,18	0,08
1	<i>Lozania</i> sp.	58,89	0,52	2831,86	2,83	1,33
1	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	14,96	0,74	135,41	0,14	0,06
1	<i>Cecropia</i> sp.	24,99	0,36	241,12	0,24	0,11
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	53,79	0,60	2613,29	2,61	1,23
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	21,84	0,60	283,99	0,28	0,13
1	<i>Chrysochlamys depende</i> Planch. & Triana	21,96	0,43	208,15	0,21	0,10
1	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	16,68	0,40	97,58	0,10	0,05
1	<i>Cecropia</i> sp.	27,85	0,36	315,51	0,32	0,15
1	<i>Naucleopsis krukovii</i> (Standl.) C.C. Berg	31,64	0,66	781,15	0,78	0,37

1	<i>Lozania</i> sp.	10,28	0,52	37,26	0,04	0,02
1	<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	10,82	0,54	44,02	0,04	0,02
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	27,28	0,60	493,40	0,49	0,23
1	<i>Palicourea luteonivea</i> C.M. Taylor	10,19	0,52	36,39	0,04	0,02
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	21,49	0,60	272,79	0,27	0,13
2	<i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana) L.O. Williams	14,67	0,44	77,66	0,08	0,04
2	<i>Blakea henripittieri</i> Penneys & Almeda	16,11	0,71	156,50	0,16	0,07
2	<i>Inga</i> sp.	20,05	0,58	222,23	0,22	0,10
2	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	12,10		33,19	0,03	0,02
2	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	45,10	0,47	1339,62	1,34	0,63
2	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	13,05	0,47	61,28	0,06	0,03
2	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	15,06	0,47	88,34	0,09	0,04
2	<i>Ryania speciosa</i> Vahl	14,80	0,58	103,92	0,10	0,05
2	<i>Ryania speciosa</i> Vahl	16,23	0,58	131,03	0,13	0,06
2	<i>Chrysochlamys depende</i> Planch. & Triana	12,51	0,43	50,81	0,05	0,02
2	<i>Inga</i> sp.	37,24	0,58	1028,58	1,03	0,48
2	<i>Vochysia</i> sp.	21,39	0,40	181,61	0,18	0,09
2	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	47,43	0,47	1514,59	1,51	0,71
2	<i>Ryania speciosa</i> Vahl	15,12	0,58	109,63	0,11	0,05
2	<i>Graffenrieda miconioides</i> Naudin	20,44	0,46	185,77	0,19	0,09
2	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	16,71	0,47	114,76	0,11	0,05
2	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	37,82	0,47	869,74	0,87	0,41
2	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	59,52	0,47	2633,68	2,63	1,24
2	<i>Ryania speciosa</i> Vahl	10,66	0,58	45,46	0,05	0,02
2	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	12,73		38,22	0,04	0,02
2	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	18,14	0,47	140,97	0,14	0,07
2	<i>Ryania speciosa</i> Vahl	10,12	0,58	39,84	0,04	0,02
2	<i>Ryania speciosa</i> Vahl	16,23	0,58	131,03	0,13	0,06
2	<i>Chrysochlamys depende</i> Planch. & Triana	14,48	0,43	73,48	0,07	0,03

2	<i>Vochysia</i> sp.	44,09	0,40	1082,33	1,08	0,51
2	<i>Palicourea luteonivea</i> C.M. Taylor	10,76	0,52	41,79	0,04	0,02
2	<i>Nectandra lineata</i> (Kunth) Rohwer	17,83	0,51	146,06	0,15	0,07
2	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	23,24	0,50	277,43	0,28	0,13
2	<i>Neea divaricata</i> Poepp. & Endl.	14,71	0,49	86,73	0,09	0,04
2	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	38,20	0,47	891,47	0,89	0,42
3	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	18,62	0,60	190,91	0,19	0,09
3	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	16,01	0,82	177,04	0,18	0,08
3	<i>Graffenrieda miconioides</i> Naudin	24,19	0,46	282,65	0,28	0,13
3	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	18,14	0,60	178,92	0,18	0,08
3	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	12,73	0,40	49,51	0,05	0,02
3	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	14,32	0,60	98,92	0,10	0,05
3	<i>Vochysia</i> sp.	42,65	0,40	998,28	1,00	0,47
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	15,60		66,75	0,07	0,03
3	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	13,69	0,60	88,23	0,09	0,04
3	<i>Naucleopsis krukovii</i> (Standl.) C.C. Berg	11,14	0,66	57,61	0,06	0,03
3	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	28,01	0,40	354,64	0,35	0,17
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	13,43		44,28	0,04	0,02
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	11,14		26,48	0,03	0,01
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	13,53		45,15	0,05	0,02
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	14,64		56,11	0,06	0,03
3	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	14,80	0,82	145,36	0,15	0,07
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	13,69		46,62	0,05	0,02
3	<i>Pleurothyrium bilocellatum</i> van der Werff	14,16	0,47	75,79	0,08	0,04
3	<i>Ryania speciosa</i> Vahl	19,10	0,58	196,76	0,20	0,09
3	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	50,61	0,60	2252,40	2,25	1,06
3	<i>Naucleopsis krukovii</i> (Standl.) C.C. Berg	10,73	0,66	52,35	0,05	0,02
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	10,03		19,82	0,02	0,01
3	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	12,00	0,40	42,64	0,04	0,02

3	<i>Nectandra reticulata</i> Mez	10,19	0,59	41,16	0,04	0,02
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	10,98		25,45	0,03	0,01
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	11,46		28,61	0,03	0,01
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	11,46		28,61	0,03	0,01
3	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	27,06	0,40	325,47	0,33	0,15
3	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	14,32	0,82	133,87	0,13	0,06
3	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	35,01	0,82	1236,26	1,24	0,58
3	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	11,52	0,47	44,76	0,04	0,02
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	15,28		63,08	0,06	0,03
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	11,68		30,16	0,03	0,01
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	14,01		49,66	0,05	0,02
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	14,32		52,83	0,05	0,02
3	<i>Batocarpus orinocensis</i> H. Karst.	38,67	0,42	815,86	0,82	0,38
3	<i>Nectandra purpurea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	16,77	0,43	106,46	0,11	0,05
3	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	41,06	0,82	1828,23	1,83	0,86
3	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	22,28	0,40	201,03	0,20	0,09
3	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	15,92	0,40	86,76	0,09	0,04
3	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	10,19	0,82	56,62	0,06	0,03
3	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	12,57	0,60	71,25	0,07	0,03
3	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	13,69	0,82	119,40	0,12	0,06
3	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	18,40	0,60	185,26	0,19	0,09
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	15,76		68,64	0,07	0,03
3	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	15,76	0,82	170,06	0,17	0,08
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	10,38		21,78	0,02	0,01
4	<i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer	14,16	0,47	75,79	0,08	0,04
4	<i>Clarisia biflora</i> Ruiz & Pav.	12,51	0,48	56,00	0,06	0,03
4	<i>Hieronyma</i> sp.	18,14	0,55	164,35	0,16	0,08
4	<i>Hieronyma</i> sp.	27,44	0,55	459,80	0,46	0,22
4	<i>Ficus cuatrecasasiana</i> Dugand	13,62	0,47	68,00	0,07	0,03

4	<i>Nectandra reticulata</i> Mez	14,01	0,59	91,97	0,09	0,04
4	<i>Otoba glycyarpa</i> (Ducke) W.A.Rodrigues & T.S.Jaram.	15,12	0,36	68,08	0,07	0,03
4	<i>Hieronyma</i> sp.	16,01	0,55	120,17	0,12	0,06
4	<i>Vochysia</i> sp.	42,81	0,40	1007,42	1,01	0,47
4	<i>Hieronyma</i> sp.	23,55	0,55	314,95	0,31	0,15
4	<i>Cedrela</i> sp.	23,87	0,43	256,09	0,26	0,12
4	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	40,90	0,40	900,86	0,90	0,42
4	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	26,32		281,32	0,28	0,13
4	<i>Trichilia martiana</i> C. DC.	20,05	0,47	180,99	0,18	0,09
4	<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	13,05	0,60	78,26	0,08	0,04
4	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	10,09	0,60	40,85	0,04	0,02
4	<i>Vochysia</i> sp.	38,52	0,40	777,31	0,78	0,37
4	<i>Vochysia</i> sp.	25,46	0,40	280,08	0,28	0,13
4	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	28,01	0,69	603,81	0,60	0,28
4	<i>Vochysia</i> sp.	17,67	0,40	112,67	0,11	0,05
4	<i>Hieronyma</i> sp.	22,92	0,55	294,22	0,29	0,14
4	<i>Vochysia</i> sp.	17,98	0,40	117,82	0,12	0,06
4	<i>Elaeagia myriantha</i> (Standl.) CMTaylor & Hammel	28,55	0,60	552,34	0,55	0,26
4	<i>Vochysia</i> sp.	27,53	0,40	339,87	0,34	0,16
5	<i>Cedrela</i> sp.	46,15	0,43	1299,33	1,30	0,61
5	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	48,06	0,47	1564,71	1,56	0,74
5	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	15,12	0,47	89,29	0,09	0,04
5	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	27,53	0,47	397,81	0,40	0,19
5	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	14,96	0,53	97,22	0,10	0,05
5	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	12,57		36,92	0,04	0,02
5	<i>Miconia</i> sp.	25,94	0,50	364,64	0,36	0,17
5	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	10,66	0,47	37,02	0,04	0,02
5	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	13,37		43,70	0,04	0,02
5	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	20,37	0,47	188,24	0,19	0,09

5	<i>Miconia</i> sp.	18,46	0,50	156,40	0,16	0,07
5	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	15,37	0,47	93,11	0,09	0,04
5	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	16,23	0,47	106,72	0,11	0,05
5	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	12,25	0,34	38,36	0,04	0,02
5	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	12,89		39,54	0,04	0,02
5	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	30,14	0,47	497,63	0,50	0,23
5	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	11,55	0,56	53,81	0,05	0,03
5	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	11,55	0,43	41,77	0,04	0,02
5	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	15,82	0,47	100,03	0,10	0,05
5	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	31,83	0,47	569,21	0,57	0,27
5	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	11,14		26,48	0,03	0,01
5	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	57,39	0,47	2410,24	2,41	1,13
5	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	16,07	0,47	104,11	0,10	0,05
5	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	27,06	0,47	380,95	0,38	0,18
5	<i>Miconia calvescens</i> DC.	10,73	0,44	35,24	0,04	0,02
5	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	31,10	0,47	537,46	0,54	0,25
Total por hectarea					287,58	135,16

Anexo 4. Índice de valor de importancia de biomasa BIV registradas en el Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú.

N°	Nombre científico	AR	DomR	BR	BIV (%)
1	<i>Aniba muca</i> (Ruiz & Pav.) Mez	11,54	34,04	25,59	23,72
2	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	5,13	11,96	14,37	10,49
3	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	14,74	13,73	2,04	10,17
4	<i>Vochysia</i> sp.	5,77	11,16	8,51	8,48
5	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	4,49	7,47	9,11	7,02
6	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	5,13	3,73	6,72	5,19
7	<i>Lozania</i> sp.	4,49	3,62	6,66	4,92
8	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	5,13	4,45	3,58	4,39
9	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	4,49	2,27	2,02	2,93
10	<i>Ryania speciosa</i> Vahl	4,49	1,51	1,32	2,44
11	<i>Hieronyma</i> sp.	3,21	1,69	2,35	2,41
12	<i>Cedrela</i> sp.	1,28	0,71	2,70	1,56
13	<i>Inga</i> sp.	1,28	0,47	2,17	1,31
14	<i>Naucleopsis krukovii</i> (Standl.) C.C. Berg	1,92	0,41	1,55	1,30
15	<i>Chrysochlamys depende</i> Planch. & Triana	1,92	0,35	0,58	0,95
16	<i>Cecropia</i> sp.	1,28	0,40	0,97	0,88
17	<i>Miconia</i> sp.	1,28	0,28	0,91	0,82
18	<i>Graffenrieda miconioides</i> Naudin	1,28	0,29	0,81	0,79
19	<i>Batocarpus orinocensis</i> H. Karst.	0,64	0,22	1,42	0,76
20	<i>Hieronyma asperifolia</i> Pax & K. Hoffm.	0,64	0,11	1,05	0,60
21	<i>Elaeagia myriantha</i> (Standl.) CMTaylor & Hammel	0,64	0,12	0,96	0,57
22	<i>Nectandra reticulata</i> Mez	1,28	0,08	0,23	0,53
23	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	1,28	0,09	0,18	0,52
24	<i>Palicourea luteonivea</i> C.M. Taylor	1,28	0,06	0,14	0,49
25	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	0,64	0,08	0,48	0,40
26	<i>Tetrorchidium macrophyllum</i> Müll. Arg.	0,64	0,08	0,43	0,38
27	<i>Trichilia martiana</i> C.DC.	0,64	0,06	0,31	0,34
28	<i>Blakea henripittieri</i> Penneys & Almeda	0,64	0,04	0,27	0,32
29	<i>Nectandra lineata</i> (Kunth) Rohwer	0,64	0,05	0,25	0,31
30	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	0,64	0,03	0,24	0,30
31	<i>Nectandra purpurea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	0,64	0,04	0,19	0,29
32	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	0,64	0,03	0,17	0,28
33	<i>Neea divaricata</i> Poepp. & Endl.	0,64	0,03	0,15	0,27
34	<i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana) L.O. Williams	0,64	0,03	0,14	0,27
35	<i>Pleurothyrium bilocellatum</i> van der Werff	0,64	0,03	0,13	0,27
36	<i>Pleurothyrium trianae</i> (Mez) Rohwer	0,64	0,03	0,13	0,27

37	<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	0,64	0,02	0,14	0,27
38	<i>Sorocea trophoides</i> W.C. Burger	0,64	0,02	0,13	0,26
39	<i>Otoba glycyarpa</i> (Ducke) W.A.Rodrigues & T.S.Jaram.	0,64	0,03	0,12	0,26
40	<i>Ficus cuatrecasiana</i> Dugand	0,64	0,03	0,12	0,26
41	<i>Neea ovalifolia</i> Spruce ex J.A. Schmidt	0,64	0,02	0,11	0,26
42	<i>Clarisia biflora</i> Ruiz & Pav.	0,64	0,02	0,10	0,25
43	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	0,64	0,02	0,09	0,25
44	<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	0,64	0,02	0,08	0,24
45	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	0,64	0,02	0,07	0,24
46	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	0,64	0,02	0,07	0,24
47	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	0,64	0,01	0,07	0,24
48	<i>Miconia calvescens</i> DC.	0,64	0,02	0,06	0,24
Total		100	100	100	100

Anexo 5. Certificado de traducción

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Diana Elizabeth Alvarado Sarango

Licenciada en Ciencias de la Educación: Mención Inglés

CERTIFICO:

Que he realizado la traducción de español al idioma inglés del resumen derivado de la tesis denominada: **“Diversidad florística y estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea de un bosque siempreverde piemontano de la Cordillera del Cóndor – Kutukú, parroquia Timbara, provincia de Zamora Chinchipe”** de autoría de Bertha Nathaly Alvarado Sarango, portadora de la cedula de identidad: 1150283941, egresada de la carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, la misma que se encuentra bajo la dirección del Ing. Darío Veintimilla Ramos M.Sc., previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que considere conveniente.

Loja, 01 de noviembre de 2022



.....
Diana Elizabeth Alvarado Sarango
Licenciada en Ciencias de la Educación: Mención Inglés
Nº registro Senecyt 1008-2016-1726238