



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Estimación del carbono almacenado en áreas de restauración pasiva del bosque seco en el cantón Macará, provincia de Loja

Trabajo de Integración
Curricular previo a la obtención
del título de Ingeniero Forestal

AUTOR:

Juan José Jumbo Arteaga

DIRECTOR:

Ing. Paúl Alexander Eguiguren Velepucha, PhD.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 18 de septiembre de 2024

Ing. Paul Alexander Eguiguren Velepucha Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Estimación del carbono almacenado en áreas de restauración pasiva del bosque seco en el cantón Macará, provincia de Loja**, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, de la autoría del estudiante **Juan José Jumbo Arteaga, con cédula de identidad Nro. 1105901134**, 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.



Ing. Paul Alexander Eguiguren Velepucha Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Juan José Jumbo Arteaga**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1105901134

Fecha: 19 de septiembre del 2024

Correo electrónico: juan.j.jumbo@unl.edu.ec

Teléfono: 0984836870

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

Yo, **Juan José Jumbo Arteaga**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Estimación del carbono almacenado en áreas de restauración pasiva del bosque seco en el cantón Macará, provincia de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio 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 Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 19 días del mes de septiembre del 2024.



Firma:

Autor: Juan José Jumbo Arteaga

Cédula de identidad: 1105901134

Dirección: Avenida Eugenio Espejo y Polonia, Loja

Correo electrónico: juan.j.jumbo@unl.edu.ec

Teléfono: 0984836870

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Integración Curricular:

Paúl Alexander Eguiguren Velepucha Ph.D.

Dedicatoria

El presente trabajo de Integración Curricular se lo dedicó principalmente a Dios por la vida, la salud y la sabiduría a lo largo de mi vida que me ha permitido cumplir una más de mis metas.

A mis padres Rodrigo Jumbo y Amparito Arteaga, a mis hermanos Astrid Athalia, Anna Cristina, mi sobrina Danna Sarahy y Melani Mendoza, por su apoyo y amor incondicional a lo largo de mi vida, enseñándome que con motivación, paciencia y preservación se puede lograr todo.

Y finalmente a mis demás familiares y amigos.

Juan José Jumbo Arteaga

Agradecimiento

Primeramente, quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a las autoridades y docentes de la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a la carrera de Forestal, por brindarme los conocimientos necesarios a lo largo del trayecto de mi vida estudiantil.

De manera muy especial agradezco por permitirme ser participe e integrar el proyecto de investigación “Restauración y dinámica de los ecosistemas Andino-Amazónicos del sur del Ecuador datos generales”.

Así mismo a mi director de tesis, Paúl Alexander Eguiguren Velepucha Ph.D., por su paciencia y dedicación a lo largo de toda la investigación brindándome su apoyo y conocimiento para permitirme culminar el presente trabajo de Integración Curricular.

De la misma manera, hago presente el agradecimiento a la Fundación Naturaleza y Cultura Internacional, por brindarme las facilidades para llevar a cabo la presente investigación. Al Laboratorio de suelos, agua y bromatología de la Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja y al Herbario Reinaldo Espinosa de la Universidad Nacional de Loja por la ayuda prestada.

Juan José Jumbo Arteaga

Índice de contenidos

Portada.....	i
Autoría.....	ii
Carta de autorización.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
1. Título.....	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico.....	7
4.1 Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica	7
4.2 Restauración ecológica	7
4.2.1 Restauración pasiva	7
4.2.2 Restauración activa	8
4.3 Cambio climático.....	9
4.3.1 Gases de efecto invernadero	9
4.4 Impactos del cambio climático en los ecosistemas tropicales	10
4.5 El almacenamiento de carbono como mitigación ante el cambio climático.....	10
4.6 Método para la estimación de la biomasa y necromasa.....	11
4.6.1 Método no destructivo	11
4.6.2 Método destructivo	12
4.7 Los bosques secos del Ecuador	12
4.8 Ecosistema del área de estudio	13

5. Metodología.....	14
5.1 Área de estudio	14
5.2 Diseño de muestreo	15
5.3 Metodología para cuantificar el carbono almacenado en la biomasa aérea en áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna	15
5.4 Metodología para estimar el carbono almacenado en la necromasa de áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna	16
5.4.1 Madera muerta en pie	16
5.4.2 Madera muerta caída.....	17
5.4.3 Hojarasca	18
5.5 Análisis de información.....	19
6. Resultados	20
6.1. Carbono almacenado en la biomasa aérea en áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna	20
6.1.1 Contenidos de carbono total	20
6.1.2 Contenido de carbono en la biomasa aérea.....	21
6.2 Carbono almacenado en la necromasa de áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna	22
6.2.1 Carbono total almacenado en la necromasa.....	22
7. Discusión	25
7.1 Cuantificar el carbono almacenado en la biomasa aérea en áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna.....	25
7.2 Estimar el carbono almacenado en la necromasa de áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna	26
8. Conclusiones	29
9. Recomendaciones	30
10. Bibliografía	31
11. Anexos	36

Índice de tablas

Tabla 1. Ecuaciones utilizadas para la estimación del carbono almacenado en la madera muerta en pie.	17
Tabla 2. Estados de descomposición de la madera muerta en el suelo	17
Tabla 3. Ecuaciones utilizadas para la estimación del carbono almacenado en la madera muerta caída.	18

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de localización de las parcelas de muestreo en la Reserva Natural Laipuna..	14
Figura 2. Esquema de codificación de las placas.	15
Figura 3. Esquema de la instalación de las subparcelas de 1 x 1 m.....	18
Figura 4. Carbono total almacenado en las áreas de restauración pasiva de la Reserva Laipuna	21
Figura 5. Contenido estimado de carbono en la biomasa aérea en restauración pasiva de la Reserva Natural Laipuna.....	21
Figura 6. a) Carbono almacenado por familias arbóreas. b) Carbono almacenado por géneros arbóreas. c) Carbono almacenado por especies arbóreas.....	22
Figura 7. Densidad de especies arbóreas en áreas de restauración pasiva en la Reserva Natural Laipuna.....	22
Figura 8. Carbono almacenado en la necromasa en las áreas de restauración pasiva de la Reserva Laipuna.....	23
Figura 9. a) Carbono almacenado en la madera muerta en pie. b) Carbono almacenado en la madera muerta caída. c) Carbono almacenado en la hojarasca.....	24

Índice de anexos

Anexo 1. Certificación de la traducción del Abstrac.....	36
--	----

1. Título

Estimación del carbono almacenado en áreas de restauración pasiva del bosque seco en el cantón Macará, provincia de Loja

2. Resumen

Los bosques secos del sur de Ecuador representan el 50% de los remanentes de este ecosistema en el país. En la última década las actividades antrópicas como la deforestación, incendios, extracción de madera, ampliación de la frontera agrícola, la crianza de ganado bovino y caprino de manera extensiva, han impactado en la capacidad de regeneración de los bosques, quedando como remanente solo el 25% de los bosques secos originales. En el presente estudio se determinó el carbono almacenado en la biomasa aérea y en la necromasa en áreas de restauración pasiva de 20 años de restauración del bosque seco en la Reserva Natural Laipuna, en la provincia de Loja. Se realizó un inventario en cuatro parcelas permanentes de 2500 m² cada una, dentro de las cuales se midieron los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) \geq a 5 cm, para la necromasa se levantó información de los árboles muertos en pie, caídos y la hojarasca. En el área de estudio se reportaron 35 especies leñosas, correspondientes a 31 géneros y 19 familias, siendo las especies más importantes en el almacenamiento de carbono: *Vachellia macracantha*, *Ipomoea wolcottiana*, *Erythrina velutina* y *Eriotheca ruizii*. El componente con el mayor aporte a los contenidos de carbono es la biomasa aérea representando el 91%, y almacenando en promedio 26,09 tC/ha, por otro lado la necromasa representa el 9%, almacenando en promedio 2,67 tC/ha en 20 años de recuperación. En la reserva se da pastoreo de ganado bovino, que ha afectado al almacenamiento de carbono en el suelo, por lo que se recomienda tener un control en el acceso a la Reserva Laipuna, para garantizar la recuperación completa en las áreas degradadas.

Palabras clave: Necromasa, biomasa aérea, cambio climático, mitigación.

Abstract

The dry forests of southern Ecuador represent 50% of the remaining dry forests in the country. In the last decade, anthropogenic activities such as deforestation, fires, timber extraction, expansion of the agricultural frontier, and extensive cattle and goat raising have impacted the regeneration capacity of the forests, leaving only 25% of the original dry forests as remnants. In the present study, the carbon stored in the aerial biomass and necromass in passive restoration areas of 20 years of dry forest restoration in the Laipuna Natural Reserve, in the province of Loja was determined. An inventory was carried out in four permanent plots of 2500 m² each, within which trees with a diameter at breast height (DBH) \geq 5 cm were measured. For necromass information was collected from standing dead trees, fallen trees, and leaf litter. In the study area, 35 woody species were reported, corresponding to 31 genera and 19 families, being the most important species in carbon storage: *Vachellia macracantha*, *Ipomoea wolcottiana*, *Erythrina velutina* and *Eriotheca ruizii*. The component with the greatest contribution to carbon content is aerial biomass, representing 91% and storing an average of 26.09 tC/ha. In comparison, necromass represents 9%, storing an average of 2.67 tC/ha in 20 years of recovery. Cattle grazing in the reserve has affected carbon storage in the soil. Therefore, it is recommended that access to Laipuna Reserve be controlled to guarantee complete recovery in degraded areas.

Key words: Necromass, aerial biomass, climate change, mitigation.

3. Introducción

En el Ecuador, los bosques estacionalmente secos, se encuentran en formaciones vegetales de la costa y de la cordillera andina, extendiéndose desde el sur de Manabí y Guayas, llegando hasta el suroccidente de las provincias de Loja y El Oro. Estas provincias tienen aproximadamente el 50 % de los bosques secos nativos que existían en el país, sin embargo estas áreas están expuestas a la intervención humana que degrada y modifica este ecosistema (Paladines, 2003), debido al avance de la frontera agrícola y extracción de madera. En los bosques secos de Loja, aún existen zonas que presentan un mejor estado de conservación, cabe recalcar que estas zonas están colindantes a zonas pobladas, por lo que las presiones a estos bosques aún existen, las cuales pueden ser: la tala selectiva de madera, el sobrepastoreo del ganado bovino y caprino, el aumento de terrenos destinados a la agricultura, la cacería y la recolección de miel (Paladines, 2003), lo que provoca que ciertas áreas boscosas sean transformadas a otros usos de suelo, sin importar su valor biológico (Riofrio, 2018), afectando a la conservación de la biodiversidad, perjudicando a la regeneración natural de los bosques debido al sobrepastoreo y el consumo de las plántulas por los animales que pastan libres por el bosque. Por otra parte los servicios ecosistémicos se ven afectados de igual manera por estas presiones, provocando la reducción del almacenamiento de carbono, de agua y hábitat de biodiversidad (Cervantes et al., 2022).

Cabe recalcar que estos bosques secos son ecosistemas biodiversos que albergan gran variedad de fauna y flora, como lo menciona Muñoz et al. (2019), son considerados remanentes en mejor estado de conservación que los bosques similares, lo que los hace ecosistemas con una alta tasa de resiliencia. Los bosques secos proveen de diferentes servicios ecosistémicos como, productos forestales no maderables, en el área de estudio se reporta 111 especies arbóreas, que proveen productos forestales no maderables, siendo unas de las principales la *Ceiba trichistandra*, *Cordia lutea* y *Eriotheca ruizii*. Los bosques secos también se ven afectados por el cambio climático, Manchego et al. (2017), indica que las especies arbóreas nativas, son las que son afectadas por el cambio climático, afectando su composición actual de las especies, poniendo en duda si la composición de los ecosistemas permanecerá constante o se dispersaran las especies, en las estimaciones de la pérdida anual de áreas de distribución de especies arbóreas por el cambio climático, osciló entre 40 y 60 km²/año, para los bosques secos del sur del Ecuador se registró un patrón de calentamiento de 0,13 °C por década, un aumento de las precipitaciones. Cabe recalcar que la gran parte de proyecciones indican un aumento en las temperaturas y variaciones en los valores de las

precipitaciones, sugiriendo aumentos de precipitaciones para el suroeste del Ecuador para finales del siglo (Thorsten et al., 2013).

El cambio climático, altera las condiciones climáticas del planeta, desencadenando cambios en los patrones de las precipitaciones, temperatura, aumento del nivel del mar y la frecuencia de fenómenos extremos (tormentas, sequías, huracanes), (González et al., 2003). De igual manera en simulaciones de cambio climático, señalan un aumento en la estacionalidad para 2030. En Ecuador el cambio climático presenta escenarios de alto riesgo, ya que se generan altas tasas de emisiones de gases de efecto invernadero (ONU, 2021). De igual manera Ecuador es catalogado como uno de los países con mayor biodiversidad del planeta (Bravo, 2014), cabe recalcar que es vulnerable ante los cambios climáticos y actividades antropogénicas, donde los bosques secos del país están siendo amenazados por la agricultura, ganadería y crecimiento urbano (Orbe, 2015). Por otro lado, según Noguera (2016), los efectos tangibles de la degradación forestal del bosque seco, son los cambios en la estructura de estos bosques, provocando que sean más abiertos en sus doseles, disminuyendo la cobertura de las copas y la densidad de árboles. Manchego et al., (2017), menciona que los resultados más perjudiciales en torno al cambio climático serían cambios de distribución de especies arbóreas, de las cuales las más afectadas serían: *Albizia multiflora*, *Ceiba trichistandra* y *Cochlospermum vitifolium*, es por esto que se debe priorizar la protección de ciertas especies individuales. En este contexto el Ministerio del Ambiente (2012) lanzó el plan nacional de mitigación, que busca la reducción de gases de efecto invernadero, con la captura y almacenamiento de carbono, así como el papel de la restauración pasiva en el proceso de restablecer un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (Celentano et al., 2011; Cueva et al., 2019). La restauración pasiva es una estrategia de la restauración ecológica, se la aplica cuando el daño es bajo y el ecosistema aun retiene la capa superficial del suelo, cuando se puede eliminar lo que provocó estos daños, como el pastoreo o agricultura cuando aún existen poblaciones cercanas que permitan la recolonización, bien sea para la flora o fauna.

Por lo antes mencionado el presente estudio es la línea base para el monitoreo a largo plazo de los contenidos de carbono en áreas de restauración pasiva del bosque seco, Siu & Ordeñana (2001), menciona que el bosque seco secundario, puede aportar 25,35 tC/ha después de 20 años de recuperación, de aquí la importancia de conocer la cantidad de carbono almacenado como estrategia para mitigar el cambio climático. Esta investigación cumplió los objetivos:

Objetivo general

Contribuir al conocimiento científico, mediante el estudio del almacenamiento del carbono en áreas de restauración pasiva del bosque seco en la Reserva Laipuna en el cantón Macará, provincia de Loja

Objetivos específicos

- Cuantificar el carbono almacenado en la biomasa aérea en áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna
- Estimar el carbono almacenado en la necromasa de áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna

4. Marco Teórico

4.1 Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica

Los estándares establecen ocho principios que fomentan la restauración ecológica, de los cuales el principio 1 y 2 articulan los fundamentos importantes que guían la restauración, el principio 3 y 4 se trata del enfoque central, destacando los ecosistemas de referencia, el principio 5 se centra en el uso de indicadores medibles, el principio 6 establece el mandato de la restauración, buscar el nivel más alto de la recuperación posible, el principio 7 destaca la importancia de la restauración a grandes escalas para obtener beneficios acumulativos, y finalmente el principio 8 esclarece sus relaciones con enfoques aliados a una continua recuperación a continuación los ocho principios establecidos (Gann et al., 2019).

- Involucra a las partes interesadas.
- Se basa en muchos tipos de conocimientos.
- Está basada en ecosistemas de referencia nativos, aunque considera el cambio ambiental.
- Apoya los procesos de recuperación posible.
- Se evalúa en función de objetivos y metas claros usando indicadores medibles.
- Busca el nivel más alto de recuperación posible.
- Acumula valor cuando se aplica a grandes escalas.
- Es parte de un continuo de actividades recuperativas.

4.2 Restauración ecológica

La restauración ecológica es un proceso que se ejecuta luego de haber la pérdida de la cobertura boscosa por un cambio de uso del suelo en un ecosistema, tiene como objetivo revertir los procesos de disminución de la biodiversidad, por ende la degradación de los ecosistemas (Gann et al., 2019). No basta con conservar y proteger áreas importantes, sino que se debe de restaurar paisajes, ecosistemas, comunidades y poblaciones de plantas y animales, de tal manera garantizar la recuperación de la biodiversidad, los ecosistemas nativos saludables garantizan el flujo de los servicios ecosistémicos, como el suministro de agua y aire limpios, fibras, combustibles, medicamentos, suelos saludables y elementos de importancia cultural (Vargas, 2011).

4.2.1 Restauración pasiva

La restauración natural o pasiva, es el proceso por el cual los ecosistemas alterados tienen la capacidad de recuperarse por sí solos cuando no existen tensionantes o se eliminan

las barreras que impiden su regeneración, por lo que esta regeneración se la puede aplicar cuando el daño en el ecosistema es bajo y aun retiene la capa superficial del suelo, también es importante que existan remanentes cerca y que los animales aun tengan una conectividad con estos remanentes para su recolonización, de tal manera puedan germinar los bancos de semillas almacenados en el suelo y las semillas que son dispersadas naturalmente, cabe recalcar que esta modelo de restauración también podría ser usado en lugares con una perturbación intermedia, pero se dará a largo plazo (Gann et al., 2019).

El proceso de restauración pasiva inicia con el abandono de las tierras, o la protección de las mismas, para lo cual se aplica diferentes procesos para la recuperación de un ecosistema y devolverles su integridad, ya que se aspira que un ecosistema degradado empiece a recuperarse con el objetivo de lograr una proximidad del mismo con relación a un modelo de referencia apropiado (Gann et al., 2019).

4.2.2 Restauración activa

La restauración activa es el proceso que tiene como objetivo rescatar las funciones naturales de los ecosistemas mediante intervención humana y aportar a los procesos de recuperación en las áreas que perdieron los mecanismos naturales de regeneración cuando estos fueron destruidos o alterados, por lo que esta restauración se la aplica en sitios con una degradación intermedia a alta (Mola et al., 2018). Se pueden proporcionar recursos claves para la recuperación biótica, en algunos casos se pueden modelar las condiciones naturales del ecosistema, instalar elementos característicos o eliminando las especies invasoras, la reintroducción de especies, dependiendo sea el caso del ecosistema (Gann et al., 2019). También se pueden realizar intervenciones para corregir el daño biótico y abiótico, en estos casos se proporciona recursos claves, como remediar las condiciones químicas y físicas del sustrato, la construcción de características de hábitat, como remodelar los cursos de agua, aplicar perturbaciones artificiales para romper la latencia de las semillas, por ejemplo se pueden colocar elementos característicos del hábitat como troncos huecos, rocas, restos de leña, micronichos del suelo y árboles percha. Para el aporte a la fauna se puede reintroducir ciertas especies claves que no puedan migrar al área de restauración (Gann et al., 2019). Por otro lado Pequeño et al., (2016), recalcan que en la restauración activa es posible inducir el retorno de un ecosistema a una trayectoria biótica y abiótica similar a la que tenía antes del deterioro, pero se deben considerar los siguientes criterios: fundamentos importantes de por qué es necesario la restauración, disponibilidad de un inventario suficiente sobre la biodiversidad original del sitio, disponibilidad de información y conocimiento sobre los ciclos más relevantes del ecosistema, tener conocimiento sobre las presiones que originaron

la alternación del ecosistema, tener información descriptiva e histórica suficiente acerca de las características sociales, económicas, políticas vinculadas al sitio que se desea restaurar, tener metas, objetivos claros, protocolos y herramientas de monitoreo para poder evaluar el proyecto.

4.3 Cambio climático

En la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), en su artículo 1, define el “Cambio climático” como los cambios en el estado del clima que pueden identificarse como cambios en el clima atribuibles directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera terrestre y se producen además de la variabilidad natural del clima observada durante un periodo de tiempo comparable (G. Díaz, 2012). De igual manera el IPCC (2020), describe que el calentamiento global ha provocado una mayor frecuencia en relación con los fenómenos relacionados al calor, las sequías han aumentado, de igual manera han aumentado las precipitaciones fuertes. En las regiones tropicales, los escenarios de emisiones de gases de efecto invernaderos son medias a altas, y se prevé que el calentamiento provoque la aparición de condiciones climáticas sin precedentes a mediados del siglo XXI. El IPCC describe que los principales conductores del calentamiento global, están relacionados con diversos factores como el crecimiento de la población mundial y cambios en los alimentos, fibras, madera y energías han dado lugar a tasas sin precedentes de uso de la tierra y agua dulce, en la actualidad la agricultura representa el 70% del uso mundial de agua dulce, pero el 25 a 30% de la comida producida se desperdicia y se pierde.

4.3.1 Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) pueden ser de origen natural como antropógeno, los gases de origen natural son generados por acciones de la naturaleza, como los volcanes, evaporación de los océanos, estos ayudan a regular la temperatura de la tierra, por otro lado los de origen antropogénico, son los provocados por las acciones del hombre, en la utilización de agentes fósiles, siendo un elemento adicional al efecto invernadero natural. (Trespacios & Blanquicett., 2021). Entre los principales gases de efecto invernadero podemos mencionar:

- **Dióxido de carbono** (CO_2), este es el 70% de los GEI en la atmósfera, se produce por la combustión de petróleo, gas natural y carbón.
- **Metano** (CH_4) ocupa el 20% de los GEI, se produce en la quema de biomasa, descomposición de desechos orgánicos, los pantanos lo emiten de forma natural, la ganadería y la agricultura.

- **Óxido nitroso** (N_2O) es el 7% de los GEI, se produce en procesos industriales y la quema de biomasa.
- **2Hidrofluorocarbonados** (HFC), representa el 1% de los GEI, es un gas que se utiliza en los sistemas de climatización, productos aislantes y gas para aerosoles.
- **Perfluorcarburo** (PFC), representa el 1% de los GEI, se usa en sistemas de climatización, extintores de fuego y limpieza de metales.
- **Hexafluoruro de azufre** (SF_6), representa el 1% de los GEI, se usa para la fabricación de aislamientos de las líneas de alta tensión, producción de aluminio y ciertos componentes electrónicos.

4.4 Impactos del cambio climático en los ecosistemas tropicales

Los bosques son depósitos naturales de carbono, son el depósito más seguro que existe y que se puede realizar a gran escala, en este caso los bosques tropicales contienen alrededor de 470 mil millones de toneladas de carbono, que equivale más de la mitad del carbono terrestre en el mundo, no obstante, la destrucción y degradación de los bosques tropicales están provocando que se conviertan en fuentes netas de emisiones de gases de efecto invernadero (Centre for Global Development, 2011). Las consecuencias del cambio climático en los andes tropicales son preocupantes, debido a la diversidad de ecosistemas que alberga, el calentamiento de estas regiones se evidencia en las temperaturas mínimas y máximas, por otro lado, se evidencia cambios en los patrones de precipitación (Anderson et al., 2012).

Dentro de los bosques tropicales se encuentran los bosques secos tropicales, los cuales se caracterizan por alternar estaciones lluviosas y secas, estos bosques son extensos a través de los trópicos, las comunidades adyacentes a estos dependen de los servicios ecosistémicos que estos bosques ofrecen (Powers, 2019). Allen et al., (2017), mencionan que los impactos del cambio climático en los bosques secos, se verán afectados volviéndose sensibles a los cambios en la cantidad de agua, provocando que las especies más vulnerables disminuyan su abundancia.

4.5 El almacenamiento de carbono como mitigación ante el cambio climático

El ciclo del carbono se lo puede entender como el almacenamiento y transferencia entre la atmósfera, biosfera, litosfera y océanos de moléculas constituidos por el elemento carbono (Honorio & Baker, 2010), este ciclo del carbono en estos ecosistemas terrestres, fluye a través del proceso de la fotosíntesis de las plantas, aproximadamente la mitad de este carbono es respirado por las plantas y vuelve a la atmósfera como CO_2 , y el resto es fijado como producción primaria neta (Brance & Berhongaray, 2022), este proceso de fotosíntesis

se define como el proceso físico-químico por el que las plantas utilizan la energía de la luz solar para sintetizar compuestos orgánicos (Pérez & Carril, 2009). El ciclo del carbono inicia en la fijación del dióxido de carbono mediante la fotosíntesis.

La capacidad de los bosques de capturar y retener el carbono ayuda a la mitigación del cambio climático, a través de los procesos de reducción de dióxido de carbono que están en la atmosfera (Jiménez, 2021). Por ejemplo los bosques secos a nivel global, según Kanninen, (2003) almacenan un promedio de 60 tC/ha de carbono. En cambio en el estudio realizado por FORAGUA, (2019) en los bosques secos de Loja, indican que el almacenamiento promedio de carbono es de 61,17 tC/ha, aportando así a la mitigación del cambio climático, reduciendo el dióxido de carbono. Es importante recalcar que al momento que estos bosques son destruidos, ya sea en su totalidad o parcialidad, por ejemplo, cuando se da el cambio de uso del suelo, explotación excesiva o la presencia de incendios, el carbono que esta almacenado se libera nuevamente hacia la atmosfera en forma de dióxido de carbono, aumentando los efectos del cambio climático y perdiendo el aporte fundamental de los bosques que es el almacenamiento de carbono (IPCC, 2007).

4.6 Método para la estimación de la biomasa y necromasa

La biomasa aérea es toda la vegetación viva como la vegetación leñosa por encima del suelo, la necromasa es el peso de la materia orgánica aérea y subterránea respectivamente que existen en un ecosistema forestal, para determinar el carbono que se almacena en el suelo y en la biomasa, existen dos técnicas que pueden ser usadas para conocer el carbono almacenado en los mismos, la necromasa se compone de la madera muerta en pie, que son los troncos que aún están de forma vertical sobre el suelo, la madera muerta caída que son los troncos que están en el suelo, y la hojarasca que está compuesta de las hojas en el suelo, ramas y material herbáceo inerte que están en diferentes estados de descomposición (Fonseca, 2017).

Para la estimación de los contenidos de carbono existen dos tipos de métodos:

4.6.1 Método no destructivo

Las ecuaciones alométricas son técnicas no destructivas que permiten predecir la biomasa de un árbol a partir de las características dasométricas (Gómez et al., 2013). Estas ecuaciones alométricas son modelos de regresión entre la biomasa forestal aérea y las diferentes variables dasométricas de la vegetación. Como lo menciona Ravindranath & Ostwald (2008), que las especies difieren en forma, tamaño, crecimiento y densidad de la madera, por lo que es importante estimar la densidad para cada especie de árbol, por lo que es importante calcular el volumen de cada árbol, para poder ser extrapolado a hectárea en

función de la densidad y distribución de cada especie, menciona diferentes parámetros que incluyen especie, número de tallos, DAP, altura y estado (vivo, muerto en pie y muerto caído).

- **Diámetro a la altura del pecho (DAP):** Este es una medida que proporciona datos sobre el crecimiento secundario del árbol, cuando se habla de DAP, se conoce como la altura que se debe tomar la medida del diámetro del tronco, se ha tomado conveniente que sea a 1,30 m del suelo, por lo que es la altura promedio en la que se encuentra el pecho de una persona (Meza et al., 2018).
- **Altura total de árboles:** La altura del árbol se la define como la distancia vertical desde el nivel del suelo hasta el punto más alto (Ravindranath & Ostwald, 2008).
- **Densidad de la madera:** la densidad básica de la madera es la relación que se obtiene entre el peso mínimo del material, es decir el peso que mínimo que se obtiene después de que el material se seque en la estufa y el volumen en verde (Núñez, 2007).

Para la ubicación de las parcelas en el campo se debe considerar los diferentes usos de la tierra, el criterio a considerar es que las parcelas ubicadas deben ser representativas con el sistema de uso del suelo, las parcelas deben ser accesibles para los investigadores para su medición y seguimiento (Ravindranath & Ostwald, 2008).

4.6.2 Método destructivo

Este método es directo, se tiene que cortar los árboles y se determina la biomasa pesando cada componente (Fonseca et al., 2009), una vez que se tenga el peso en verde de cada componente se debe tomar el peso seco, una vez que esta seca la madera (Fonseca, 2017).

4.7 Los bosques secos del Ecuador

Los bosques secos son ecosistemas frágiles y únicos, que se encuentran amenazados por las actividades antrópicas que avanzan de forma descontrolada, siendo considerados como una de las principales zonas de gran importancia ecológica, no solo por las condiciones en que se desarrolla este hábitat si no por su complejo comportamiento, no obstante así como se considera uno de los hábitats de gran importancia para nuestra zona, es considerado una de las zonas más amenazadas dentro de nuestro territorio nacional, las condiciones que estas zonas presentan, hace que su flora y fauna sea única ya que logran las condiciones de adaptación que para otras serían extremas, por lo que nos da como resultado que las especies que se encuentran en estas zonas sean endémicas (Aguirre et al., 2018).

Los bosques Secos en el Mundo, están distribuidos en el Neotrópico, desde el Norte de México, hasta el norte de Argentina y sur de Brasil, cabe recalcar que son diferentes en

cuestión de la composición de flora y fauna, esta área sobrepasa los 530 millones de hectáreas por otro lado los bosques secos en el Ecuador están presentes desde la provincia de Esmeraldas, continua en Manabí, y Guayas, hasta el suroccidente en las Provincias de Loja y El Oro, colindando con Perú, la cual se denomina Zona de endemismo Tumbesina que abarca una extensión de 86.859 km² en ambos países (Muñoz et al., 2019).

Los bosques secos del sur del Ecuador representan un 50% de este ecosistema en Ecuador, cabe recalcar que este no constituye ni el 25% del bosque seco original. Se ha registrado cuatro remanentes en la provincia de Loja, los cuales son: el Cañón del Río Catamayo (15 000 ha), La Ceiba (10 000 ha), Cerro Negro (3 000 ha) y los Bosques de Tagua (3 000 ha) (Paladines, 2003). De igual manera en los bosques secos de la provincia de Loja en un estudio realizado por Aguirre (2017), donde evaluó el carbono almacenado en diferentes cantones como: Zapotillo, Macará, Puyango, Paltas, Pindal, Célica y Sozoranga, en el cual evaluó los fustes, raíces y copas en un total de 5 ha, dando como resultado un promedio de 32,90 tC/ha.

4.8 Ecosistema del área de estudio

La presente investigación se desarrolla en el bosque deciduo piemontano del Catamayo-Alamor (BdPn01), alcanza una altura hasta de 20 m con árboles emergentes aislados, presenta tres estratos bien diferenciados, el herbáceo, arbustivo y arbóreo. Este ecosistema se encuentra en lugares colinados y muy escarpados, sus suelos son bien drenados y su rango altitudinal está entre 400 a 1600 msnm (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013). Las especies ecológicamente importantes son: *Ceiba tichistandra*, *Simira ecuadorensis*, *Handroanthus chrysanthus*, *Eriotheca ruizii* y *Terminalia valverdeae*. Pocos son los remanentes boscosos que están en buen estado de conservación.

5. Metodología

5.1 Área de estudio

El presente trabajo de Integración Curricular se desarrolló en la Reserva Natural Laipuna, ubicada en el barrio Canguraca, parroquia Larama, cantón Macará, provincia de Loja (Figura 1). La Reserva Laipuna se encuentra en un rango altitudinal que oscila entre 350 a 1 450 msnm (Haug et al., 2021), es propiedad de Naturaleza y Cultura Internacional, abarca aproximadamente 3 400 ha (Paladines, 2003). La Reserva Natural Laipuna se conforma por tres haciendas: Hacienda Pallanga (1 600 ha), área comunitaria el Cardo (1 000 ha) y la hacienda Laipuna (800 ha), en el año 2003 se crea la Reserva Natural Laipuna con un total de 3 400 ha (Paladines, 2003). Estas haciendas en la antigüedad se las utilizaba para el pastoreo de ganado bovino y caprino, como chacras temporales y permanentes. También dentro de la reserva, se ejecutaba la extracción de madera y conservación del bosque nativo. Desde el año 2003 se abandonó las tierras de cultivos y pastos para que se inicien los procesos de regeneración natural.

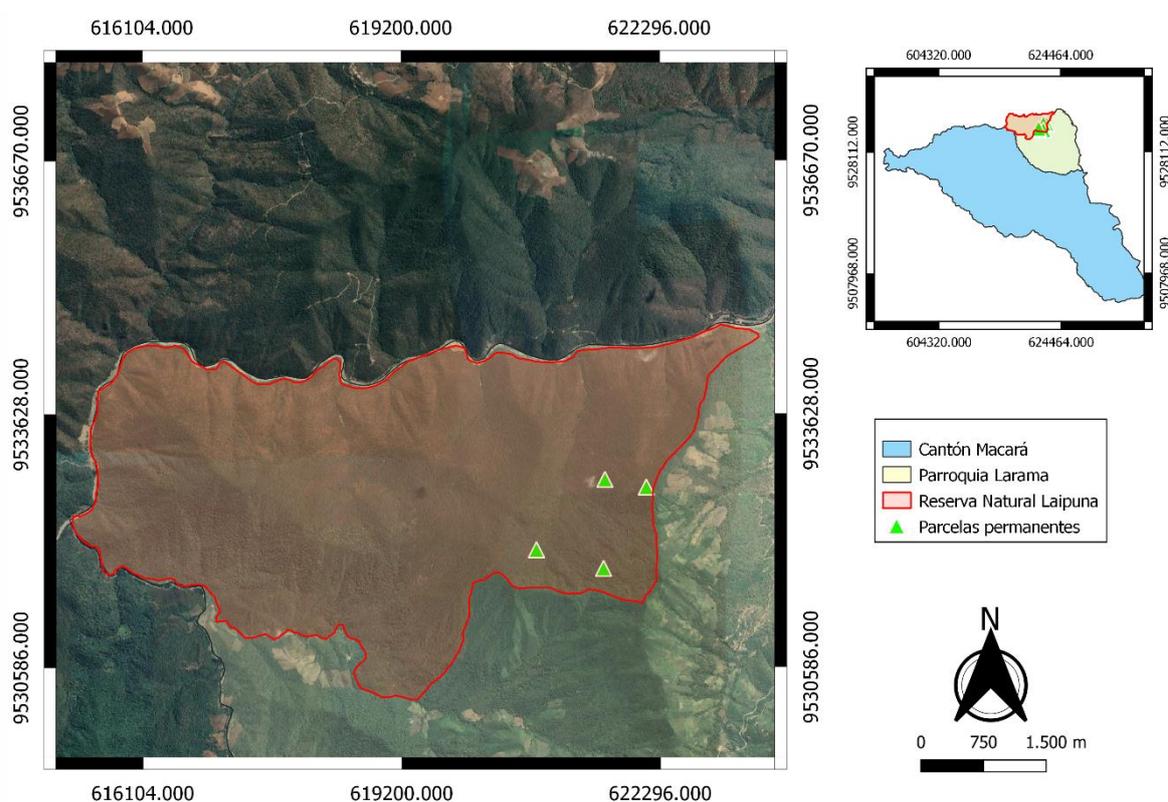


Figura 1. Mapa de localización de las parcelas de muestreo en la Reserva Natural Laipuna.

La Reserva Natural Laipuna registra precipitaciones anuales de 714 mm en la parte alta y en la parte baja de 777,6 mm, con una temperatura media anual de 23,4 °C, la humedad relativa promedio de la parte alta es de 86,5 % y en la parte baja 77,7 % (Capa, 2010; Haug

et al., 2021). Los suelos son entisoles escasamente desarrollados, con características, arenoso franco en la superficie y profundidad, tienen un buen drenaje (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Macará , 2021; Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013). De acuerdo con la clasificación del Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013), la Reserva se encuentra en la formación vegetal del Bosque deciduo piemontano del Catamayo-Alamor (BdPn01).

5.2 Diseño de muestreo

Se evaluó los remanentes boscosos de restauración pasiva en la Reserva Natural Laipuna, considerando el efecto de borde a caminos y quebradas (Contreras et al., 1999),. Dentro de la reserva se establecieron al azar cuatro parcelas permanentes de 50 × 50 m (2 500 m²), divididas en cuatro cuadrantes de 25 × 25 m., Las parcelas se delimitaron con tubos PVC y piola en cada esquina, posteriormente se midió las variables de interés dasométricas en todos los individuos árboles dentro de la parcela.

5.3 Metodología para cuantificar el carbono almacenado en la biomasa aérea en áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna

Se registraron todos los individuos con el DAP mayor a 5 cm, todos los árboles fueron plaqueados, a una distancia de 20 cm por encima de la marca correspondiente al DAP. Cada placa que tiene el árbol tiene un código único que, incluye el número de parcela, el número de cuadrante y el número de individuo (Figura 2). Para la identificación de especies arbóreas se recolectaron muestras botánicas fértiles de los ejemplares presentes en dichas parcelas. Estas muestras fueron cuidadosamente trasladadas al Herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja, donde se sometieron a un proceso de secado para preservar su integridad. Posteriormente, se realizó la identificación taxonómica de cada muestra botánica, registrando la información relevante.

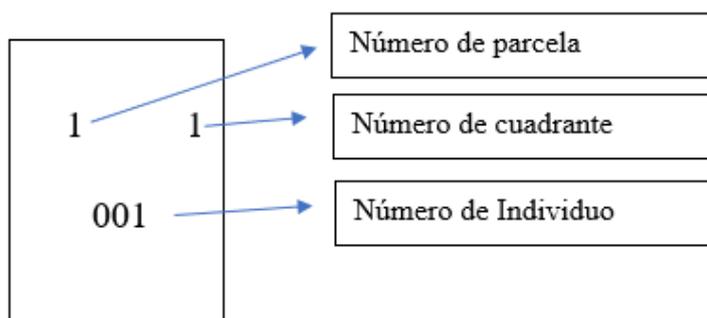


Figura 2. Esquema de codificación de las placas.

Para la determinación de los contenidos de carbono en las parcelas permanentes, se estimó primero la biomasa. Se aplicó la ecuación alométrica de Chave et al., (2014) considerando el DAP, densidad de madera y el factor de estrés ambiental. Para la densidad de madera se usó la base de Global Wood Density (Zanne et al., 2009), Para aquellas especies que no se contaba con la densidad de madera, se optó por asignar la densidad promedio correspondiente al género, la familia taxonómica. La ecuación alométrica también considera el factor de estrés medioambiental (E) que constituye una métrica que exhibe un aumento proporcional a la variabilidad estacional de la temperatura. Finalmente, para el cálculo del carbono por encima del suelo, se usó el factor de conversión de 0,47.

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

Dónde:

E = Factor de estrés ambiental

p = densidad básica de la especie

D = diámetro a la altura del pecho (DAP)

\ln = logaritmo natural

Fuente: (Chave et al., 2014)

5.4 Metodología para estimar el carbono almacenado en la necromasa de áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna

Para estimar el carbono en la necromasa se consideró la madera muerta en pie, la madera muerta caída y la hojarasca.

5.4.1 Madera muerta en pie

Para la estimación del carbono almacenado en la madera muerta en pie, se registraron datos de los árboles muertos en pie, con un diámetro mayor a 5 cm, estimando el DAP y altura total de cada individuo, para estimar el diámetro menor se utilizó la ecuación de Chambers et al., (2000). Con el diámetro menor y el diámetro mayor, se empleó la fórmula de Smalian para calcular el volumen del árbol. Una vez obtenido el volumen (m^3), se multiplicó por la densidad básica de la especie en cuestión (kg/m^3). Esta información se obtuvo de la base de datos de Global Wood Density (Zanne AE et al., 2009). Para obtener la cantidad de carbono almacenada en el árbol, se multiplicó la biomasa calculada por el factor de conversión de 0,47. A continuación, las ecuaciones empleadas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Ecuaciones utilizadas para la estimación del carbono almacenado en la madera muerta en pie.

VARIABLES	Ecuación	SIGLAS
Diámetro a la altura final del fuste	$d_h = 1,59 DBH (h^{-0,091}) = cm$	<i>DBH</i> : Diámetro inicial <i>h</i> : Altura
Volumen	$V = 0,7854 x \frac{(D1+D2)^2}{2} x L = m^3$	<i>D1</i> : Diámetro inicial <i>D2</i> : Diámetro final <i>L</i> : Altura
Biomasa	$Biomasa = V x p$	<i>V</i> : Volumen <i>P</i> : Densidad
Carbono	$CC = biomasa x 0,47$	

Fuente: Chambers et al. (2000)

5.4.2 Madera muerta caída

Para la estimación del carbono almacenado en la madera muerta caída, se midieron troncos con un diámetro superior o igual a los 10 cm en cada una de las parcelas. Se registraron las dimensiones del diámetro mayor y menor, así como la longitud del tronco caído (Pearson et al. 2005). Para cada individuo que se encontró se realizó la prueba del machete para conocer su estado de descomposición (sólido, intermedio o podrido), los valores de los estados de descomposición se consideraron los valores obtenidos en el trabajo denominado: “Cuantificación de las reservas de carbono en bosque seco dentro de tres áreas de conservación del programa socio bosque en el cantón Zapotillo, provincia de Loja” que se muestran en la Tabla 2 (Ruiz & Tinoco, 2013).

Tabla 2. Estados de descomposición de la madera muerta en el suelo

Prueba de machete	Estado de descomposición	Densidad (g/cm³)
Si rebota	Sólido	0,60
No rebota	Intermedio	0,42
Si traspasa el tronco	Podrido	0,23

Fuente: Ruiz & Tinoco, (2013).

Para estimar la biomasa en árboles muertos caídos, se empleó la fórmula de Smalian para calcular el volumen del tronco. Una vez obtenido el volumen (m³), se multiplicó por la densidad del estado de descomposición (sólido, intermedio, podrido), (kg/m³). Calculada la biomasa se estimó la cantidad de carbono almacenado (factor de conversión de 0,47) en la Tabla 3 se muestran, las fórmulas utilizadas.

Tabla 3. Ecuaciones utilizadas para la estimación del carbono almacenado en la madera muerta caída.

Variable	Ecuación
Volumen	$V = 0,7854 \times \frac{(D1+D2)^2}{2} \times L = m^3$
Biomasa	$Biomasa = V \times p$
Carbono	$CC = bioamasa \times 0,47$

5.4.3 Hojarasca

Para la estimación del carbono en la hojarasca, se establecieron subparcelas de muestreo con dimensiones de 1 × 1 m en el punto central de cada cuadrante de las cuatro parcelas permanentes (Figura 3). Como producto de este procedimiento, se derivó un total de 16 subparcelas, cuatro subparcelas por cada parcela permanente.

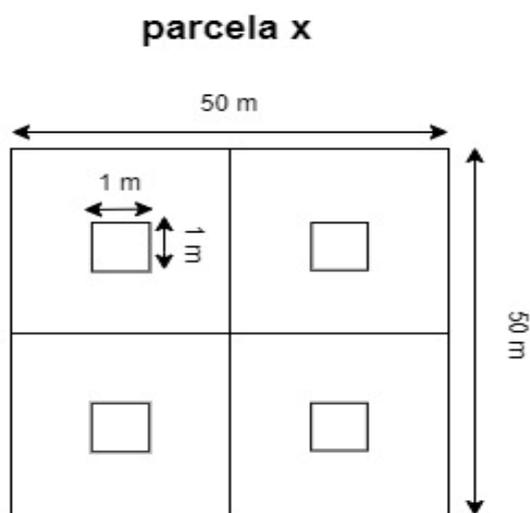


Figura 3. Esquema de la instalación de las subparcelas de 1 × 1 m

En cada subparcela, se pesó la hojarasca, ramillas y material herbáceo inerte. Adicionalmente, se tomó una submuestra de 300 gramos, cabe recalcar que la colecta de las muestras se ejecutó al final de la época invernal. Las submuestras fueron secadas a una temperatura constante de 65 °C hasta encontrar el peso constante. La etapa de secado culminó una vez que el peso de las muestras de hojarasca alcanzó una estabilidad, luego de 120 horas. El secado de las muestras se hizo en el laboratorio de suelos, agua y bromatología de la Facultad Agropecuario de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Para determinar el contenido de carbono presente en la hojarasca, se estimó el contenido de masa seca, cálculo que se basa en el peso inicial de la muestra en estado fresco, el peso fresco de la submuestra y el peso seco de la submuestra sometida a disecación. El resultado obtenido se encuentra expresado en kg/m², finalmente se usó 0,47 para estimar el contenido de carbono.

Esta relación se expresa mediante la fórmula:

$$Masa\ seca = \frac{Pfs}{Pss} \times Pft$$

Donde:

Pfs = Peso fresco de la submuestra

Pss = Peso seco de la submuestra

Pft = Peso fresco total

Fuente: Pearson et al. (2005)

5.5 Análisis de información

Después de calcular el carbono almacenado en las áreas de restauración pasiva de la reserva Laipuna, se utilizó estadística descriptiva para determinar la media del carbono almacenado, lo que facilitó una descripción más clara y una visualización más precisa de los datos. Además, se llevó a cabo un análisis detallado de las especies, familias y estratos vegetales que contribuyen en mayor medida al almacenamiento de carbono. Este análisis no solo permitió evaluar la importancia de los mismos.

6. Resultados

6.1. Carbono almacenado en la biomasa aérea en áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna

A partir del inventario de las especies arbóreas mayor a 5 cm de DAP en áreas de restauración pasiva se registraron 35 especies, de las cuales *Vachellia macracantha*, registra el mayor número de individuos por hectárea (249), seguido de *Ipomoea wolcottiana* con 195 individuos (Figura 4).

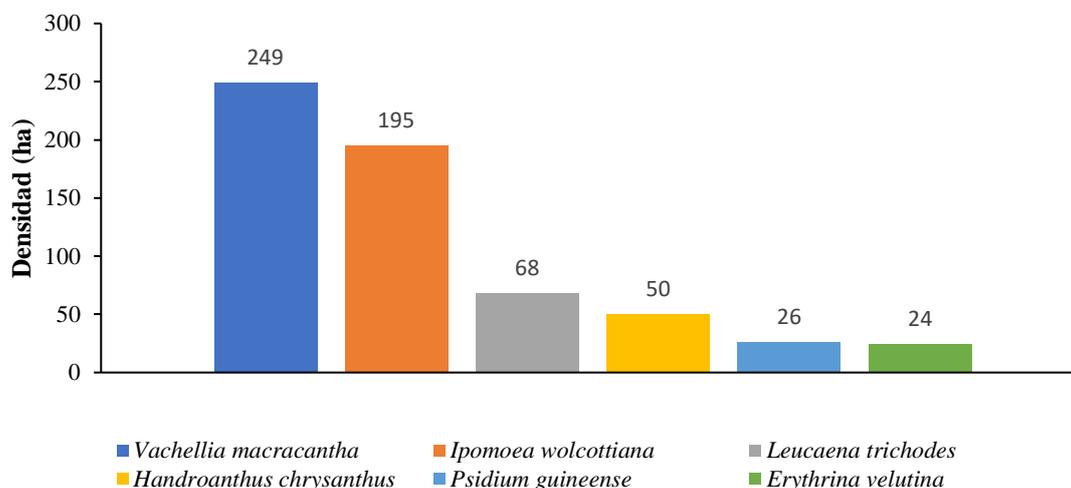


Figura 4. Densidad de especies arbóreas en áreas de restauración pasiva en la Reserva Natural Laipuna.

6.1.1 Contenidos de carbono total

Los contenidos de carbono almacenados en las áreas de restauración pasiva de la Reserva Laipuna en promedio representan 28,76 tC/ha, el 91% corresponden a la biomasa aérea, seguido de la hojarasca 4%, la madera muerta caída 3%, y la madera muerta en pie con el 2% (Figura 5).

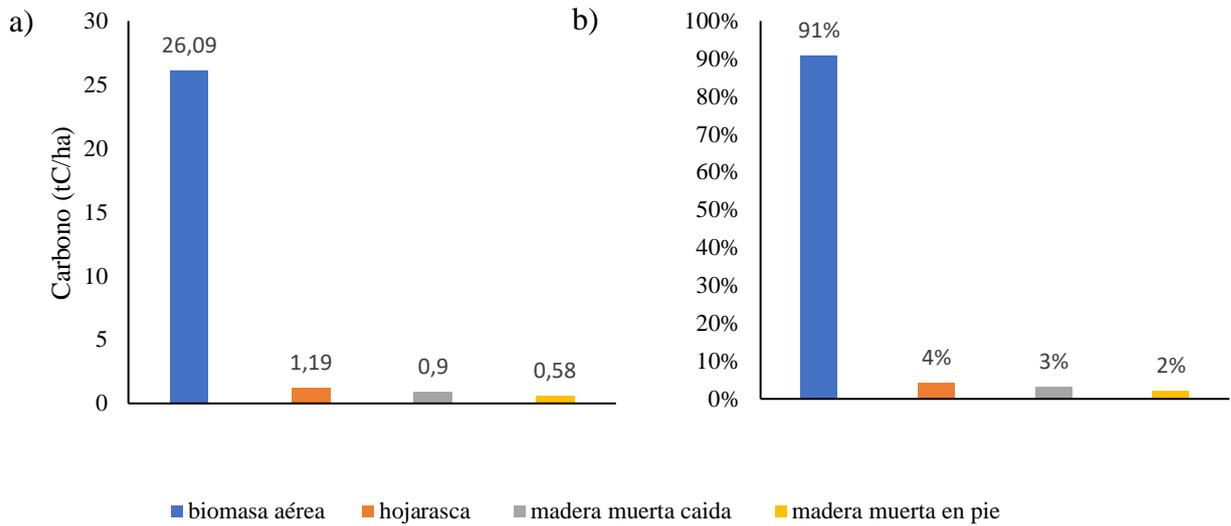


Figura 5. Carbono total almacenado en las áreas de restauración pasiva de la Reserva Laipuna: a) toneladas de carbono; b) porcentaje de carbono almacenado en cada componente

6.1.2 Contenido de carbono en la biomasa aérea

El contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea en las áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna vario entre 20 y 34 tC/ha con un promedio de 26,09 tC/ha en 20 años de recuperación (Figura 6).

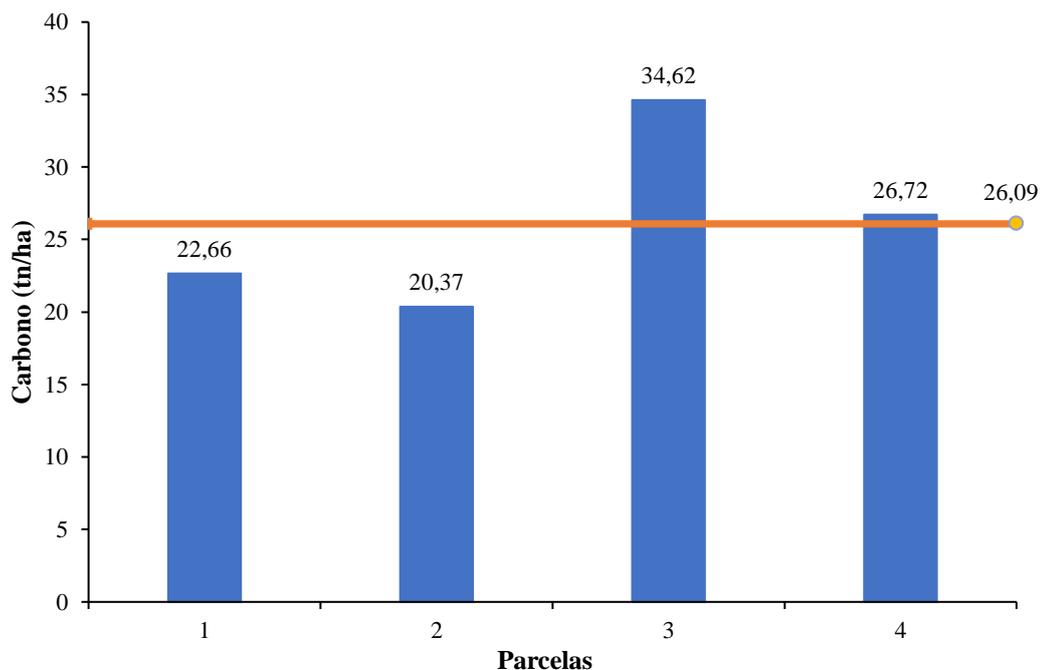


Figura 6. Contenido estimado de carbono en la biomasa aérea de cada parcela, y el promedio total en el área de restauración pasiva de la Reserva Natural Laipuna.

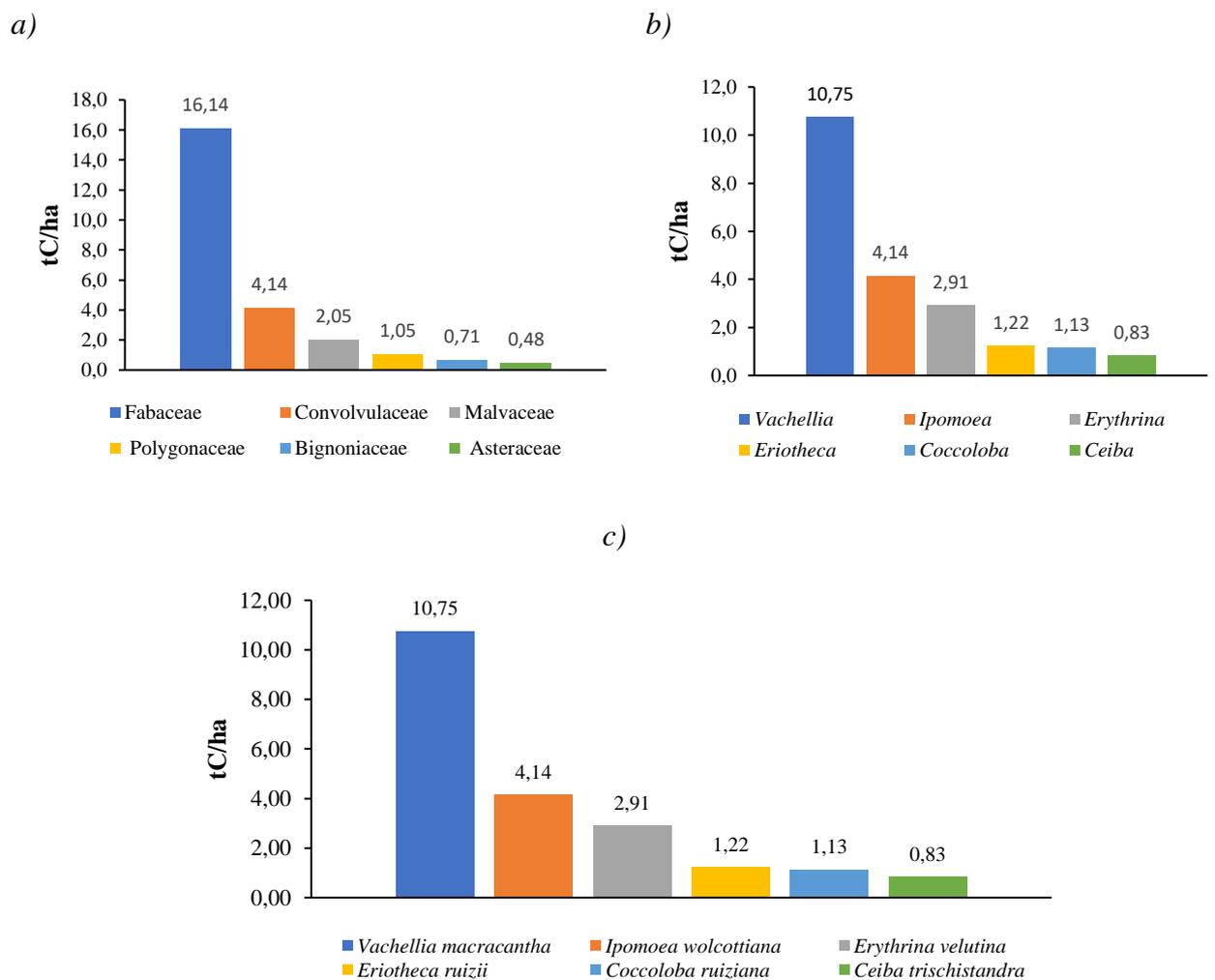


Figura 7. Jerarquías taxonómicas con mayor contenido de carbono a) Carbono almacenado por familias arbóreas. b) Carbono almacenado por géneros arbóreas. c) Carbono almacenado por especies arbóreas.

La familia Fabaceae es la más representativa con un 16,14 tC/ha, seguida en menor contribución por Convolvulaceae (4,14 tC/ha) y Malvaceae (2,05 tC/ha). Entre los géneros de especies arbóreas que más aporta en el almacenamiento es *Vachellia*, con el 10,75 tC/ha la que tiene mayor aporte, seguido *Ipomoea* (4,14 tC/ha) y *Erythrina* (2,91 tC/ha) (Figura 7).

6.2 Carbono almacenado en la necromasa de áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna

6.2.1 Carbono total almacenado en la necromasa

La necromasa en las áreas de restauración pasiva de la Reserva Laipuna aportan con 2,67 tC/ha (Figura 8), siendo la hojarasca la que mayor aporta con el 45 %.

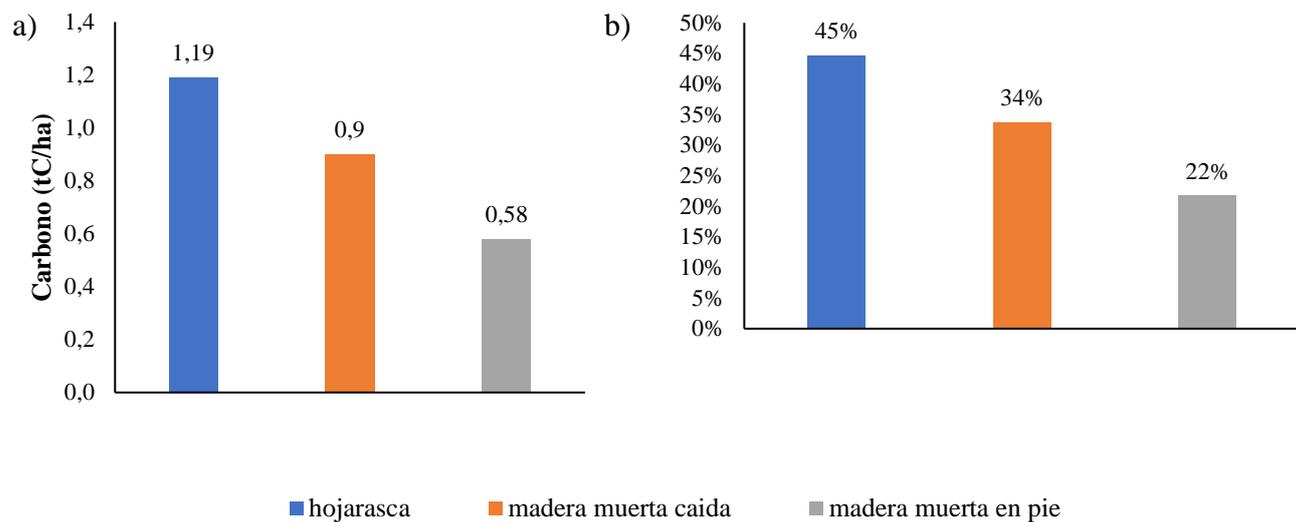


Figura 8. Carbono almacenado en la necromasa en las áreas de restauración pasiva de la Reserva Laipuna: a) toneladas de carbono; b) porcentaje de carbono almacenado en cada componente

Con respecto a los estratos de la necromasa que aportan al almacenamiento de carbono, está la madera muerta en pie, la cual tuvo un promedio de 0,58 tC/ha. La madera muerta caída tuvo un aporte promedio de 0,90 tC/ha, y la hojarasca aportó 1,19 tC/ha (Figura 9).

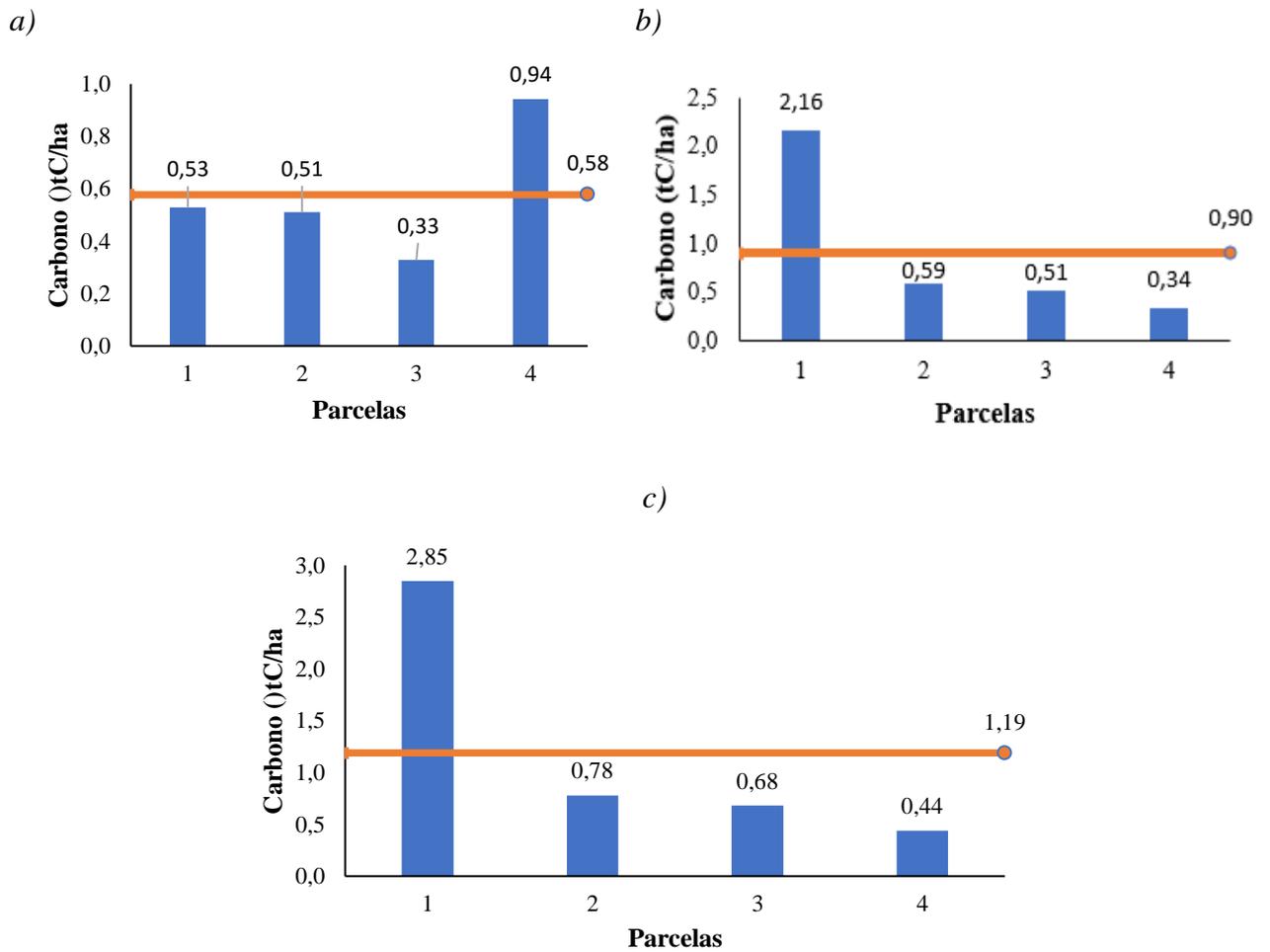


Figura 9. Contenidos de carbono por parcela y promedio por cada componente de necromasa en el área de restauración pasiva de la Reserva Laipuna: a) Carbono almacenado en la madera muerta en pie. b) Carbono almacenado en la madera muerta caída. c) Carbono almacenado en la hojarasca

7. Discusión

7.1 Cuantificar el carbono almacenado en la biomasa aérea en áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna

El contenido de carbono acumulado sobre el suelo en las áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Natural Laipuna, fue de 26,09 tC/ha, tras una recuperación de 20 años. Estos valores concuerdan con el estudio realizado por la FAO, de manera global, que obtuvieron un promedio de 25 tC/ha para los bosques secos secundarios (Kanninen, 2003), lo cual es congruente con los valores obtenidos en esta investigación. Además, al contrastar con los datos de Aguirre (2017) en el estudio realizado sobre la captura de carbono en el compartimento leñoso del ecosistema de bosque seco en cinco sectores: La Ceiba, Algodonal, Laipuna, La Ceiba Grande y Mangahurco, de la provincia de Loja, que registró un valor promedio de 21,93 tC/ha, demostrando que las áreas de restauración pasiva aportan valores representativos de almacenamiento de carbono en ecosistemas secos. Por otro lado, Siu & Ordeñana (2001) en un bosque seco secundario de Chococente de 20 años obtuvieron 25,35 tC/ha. Es relevante señalar que, pese a ciertas similitudes detectadas entre los resultados, se debe tener en cuenta que los bosques en cuestión exhiben variaciones significativas tanto en la composición florística como en la estructura, factores intrínsecos que pueden ejercer una influencia considerable en los resultados observados.

En un estudio realizado por FORAGUA (2019), en el que obtuvieron 49,87 tC/ha carbono almacenado sobre el suelo en un bosque seco con una diversidad media del cantón zapotillo, demostrando que las áreas de restauración pasiva de la reserva Laipuna aportan un 52,32 % en comparación al bosque seco del cantón zapotillo, asegurando que en unos años estas áreas de restauración pasiva puedan almacenar el doble de lo que actualmente almacenan, ayudando a la mitigación del cambio climático, de igual manera Kanninen, (2003), en un estudio realizado por la FAO de manera global para los diferentes tipos de bosques tropicales, determinaron que un bosque seco primario almacena 60 tC/ha, ratificando la capacidad de almacenamiento que pueden llegar a tener los bosques secos, de aquí la importancia de los mismos para su conservación y restauración de estos bosques, de tal manera favorecer en la mitigación al cambio climático.

En las áreas de restauración pasiva de registraron 35 especies, de las cuales la especie con mayor presencia de individuos fue *Vachellia macracantha*, con 249 individuos por hectárea, almacenando 10,75 tC/ha, cabe recalcar que estos individuos tienen un DAP de 5,00 a 41,3 cm, el 89 % de los individuos tienen un DAP menor a 20 cm, no obstante esta especie tiene una densidad de 0,59 kg/m³, afirmando porque es la especie que mayor

almaceno carbono en las áreas de restauración pasiva. En comparación con *Ipomoea wolcottiana*, la cual se registró 195 individuos por hectárea, de los cuales el 90% de estos tienen un DAP menos a 20 cm, esta especie tiene una densidad de 0,30 kg/m³, aportando un promedio de 4,14 tC/ha, no obstante la especie *Coccoloba ruiziana*, que se registraron 19 individuos por hectárea, almacenan 1,13 tC/ha, a pesar de su poca presencia de individuos almacenan una alta cantidad de carbono porque su densidad es de 0,65 kg/m³, siendo una densidad más alta encontrada en las áreas de restauración pasiva.

Otra especie con menor presencia de individuos (15) es *Erythrina velutina*, almacenando 2,91 tC/ha, cabe recalcar que se encuentra dentro de las 6 especies con mayor aporte de almacenamiento de carbono, esto gracias a su DAP ya que el máximo es de 55,00 cm, con una densidad de 0,29 kg/m³, en comparación con la especie *Ceiba trischistandra*, solo se registraron 4 individuos por hectárea, tiene una densidad de 0,32 kg/m³, almacenando 0,83 tC/ha, cabe recalcar que esta especie de igual manera tiene un DAP mayor a 50 cm, de aquí la capacidad de almacenamiento de carbono, en comparación que las otras especies registradas que tienen un mayor número de individuos pero su DAP es inferior a 20 cm, y en algunos casos tienen una densidad menor, por lo que es importante entender la distribución de cada especie y su capacidad de almacenamiento de carbono, en base a su alta densidad o su alto crecimiento en relación a su DAP, como se puede evidenciar en la especie *Caesalpinia glabrata*, con la presencia de 22 individuos por hectárea, el rango del DAP de esta especie es de 5,1 a 20,3 cm, de los cuales el 81% de los individuos tiene un DAP menor a 10 cm, lo relevante de esta especie se encuentra en su densidad que es de 0,95 kg/m³, almacenando 0,10 tC/ha de carbono, ratificando la importancia de entender cuál es la parte que más aporta en su capacidad de almacenamiento de carbono.

7.2 Estimar el carbono almacenado en la necromasa de áreas de restauración pasiva del bosque seco de la Reserva Laipuna

De acuerdo a los resultados de esta investigación, el promedio de carbono almacenado en la necromasa en áreas de restauración pasiva fue de 2,67 tC/ha, representando el 9 % del carbono que se almacena por encima del suelo, contrastando estos resultados con el estudio realizado por Siu & Ordeñana (2001), en el que evaluaron reservas de carbono dentro del bosque seco secundario de 20 años, del cual encontraron 4 tC/ha de carbono en la necromasa, por otro lado en el cantón zapotillo en un estudio realizado por FORAGUA (2019), en un bosque seco en restauración, registraron 3,76 tC/ha de carbono almacenado en la necromasa, resultado parecido al registrado en este estudio. En cambio en el estudio realizado por Díaz et al. (2016), en un bosque seco secundario de 50 años en recuperación,

obtuvieron 7,11 tC/ha de carbono almacenado en la necromasa. Cabe recalcar que en las áreas de restauración pasiva aún se presencia ganado bovino en diferentes lados de la reserva, en la mayoría de situaciones el ganado se encontraba en las parcelas permanentes, ratificando que el ganado consume la hojarasca, por ende no se acumula el total de hojarasca sobre el sotobosque, por otro lado es importante mencionar que la colecta de las muestras se ejecutó al final de la época invernal, que es cuando el ganado aprovecha para alimentarse de las hojas que caen de los árboles y demás componentes, de aquí que los contenidos de carbono almacenado en la necromasa son más bajos en comparación a otros bosques, como lo menciona Siu & Ordeñana (2001), en el bosque seco secundario, este se encuentra bajo protección para su conservación sin presencia de algún agente perturbador, de aquí la importancia de la protección de las áreas en restauración pasiva de la reserva Laipuna, ya que de tal manera el sotobosque se pueda conservar en su totalidad y de tal manera mejorar el almacenamiento de carbono para la necromasa.

Las estrategias de la restauración pasiva, en los bosques secos, cumplen un papel importante para la mitigación de los efectos del cambio climático debido que actúan como sumideros de carbono, este proceso se observa al incrementar la captura de carbono en la biomasa a lo largo del tiempo. Por otro lado, la restauración pasiva es una de las estrategias principales efectivas para la restauración de los ecosistemas secos, contribuyendo también a la recuperación de la flora y fauna autóctona (Aerts & Honnay, 2011). Para esto es importante reducir los estresores relacionados a las actividades que provocan la degradación de los ecosistemas, como la tala selectiva, el pastoreo o la expansión de la frontera agrícola,

Las áreas de restauración pasiva de la reserva Laipuna, se tomaron datos en 4 parcelas permanentes, de las cuales la parcela que registro más carbono almacenado en la necromasa es la parcela 1 con 1,38 tC/ha, cabe recalcar que esta parcela es la que registro 254 individuos presentes, siendo el valor de individuos más alto (30,42%) en comparación con las otras parcelas, en comparación con la parcela 2, que registro 0,38 tC/ha de carbono almacenado, con la presencia de 230 individuos, siendo en estas dos parcelas el componente que mayor aporte es la hojarasca, constatando que en mayor presencia de individuos vivos, existe una mayor caída de hojas, no obstante para el caso de la parcela 4 la que registro una menor presencia de individuos (171), obtuvo un mayor almacenamiento de carbono que la parcela 2 y 3, almacenando 0,47 tC/ha de carbono, esto se debe que la parcela 4 es que registro un mayor numero de madera muerta en pie (13) en comparación con las otras parcelas, con lo antes mencionado se puede resaltar que en mayor presencia de individuos vivos, existe mas almacenamiento de hojarasca en el suelo.

Durante un período de 20 años, se implementó la restauración pasiva en el área de la reserva Laipuna, y nuestro resultado demuestra la capacidad de los bosques secos secundarios para almacenar carbono. Por otra parte, Quesada et al. (2009), menciona que la capacidad de almacenamiento de carbono de este ecosistema provoca que existan más bosques secos en restauración y sean más los esfuerzos en este sentido para estos ecosistemas, ya que los bosques secos son ecosistemas sensibles, que se desarrollan en condiciones climáticas extremas. Cueva et al., (2019) señala que los bosques secos de la provincia de Loja, por sus características geográficas (pendiente y altitud), son un hábitat que funciona como refugio de una alta diversidad de flora y fauna. Con lo antes mencionado se hace hincapié sobre la importancia de restauración y conservación del bosque seco, como lo menciona García et al., (2020), para los bosques secos es necesaria la regeneración natural ya que es un proceso ecológico importante para la renovación de especies a largo plazo, por lo que estas áreas puedan recuperar su estructura y composición florística al menos parcialmente.

8. Conclusiones

- La biomasa aérea en la Reserva Laipuna aporta 26,09 tC/ha de carbono almacenado, siendo la especie *Vachellia macracantha* importante en la captura y almacenamiento de carbono, ya que aporta con un 41,20 % (10,75 t/ha) del carbono total almacenado, lo que la convierte en una especie prioritaria para la conservación y mejora del ecosistema, aportando al plan de acción de género y cambio climático de Ecuador, propuesta por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), que busca potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero, para mitigar los efectos del cambio climático.
- La biomasa aérea en la reserva Laipuna, con una recuperación de 20 años, almacena un 42,65 %, en comparación a un bosque seco maduro del cantón zapotillo (FORAGUA, 2019), demostrando la importancia de la restauración pasiva para el mantenimiento y aumento de las reservas de carbono para la mitigación del cambio climático.
- En las áreas de restauración pasiva se encuentran individuos con un DAP superior a 50 cm, son individuos que se los conservaba en los potreros o cerca de las viviendas ya que se los utilizaba de sombra o de referencias, estos individuos son los que aportan en gran medida al almacenamiento de carbono, asegurando que a largo plazo el número de individuos aumente en las clases diamétricas superiores, de aquí la importancia de la conservación del bosque seco, por lo que es fundamental implementar estrategias de conservación y restauración para frenar el cambio climático.
- La necromasa en la Reserva Laipuna fue alrededor de 2,67 tC/ha de carbono, considerando hojarasca, madera muerta en pie y madera muerta en el suelo, de las cuales la que más aporta es la hojarasca con el 45% de almacenamiento del total de contenido de carbono de la necromasa. La presencia de ganado bovino en gran parte del área de restauración pasiva de la reserva altera el almacenamiento total de la necromasa, por lo que es fundamental tener un mayor control en el acceso a la Reserva Laipuna.
- La necromasa como se puede evidenciar almacena en menor cantidad carbono en comparación a la biomasa aérea, esto se debe a que la biomasa aérea captura el carbono para convertirlo en carbohidratos que utiliza la planta, por otro lado la necromasa el carbono que tiene almacenado lo libera lentamente dependiendo del grado de descomposición en que se encuentre y el tiempo que se demore en descomponer, por lo que es importante conocer cuál es el componente que tiene la mayor capacidad de almacenamiento de carbono, de tal manera aportar a la mitigación del cambio climático.

9. Recomendaciones

- Llevar a cabo indagaciones que repliquen la metodología utilizada en contextos de bosques secos primarios, incorporando variaciones significativas en sus gradientes altitudinales, con el propósito de identificar y analizar posibles discrepancias en la composición florística y la magnitud de la retención de carbono presente en dichos ecosistemas.
- Mantener un seguimiento de la cantidad de carbono almacenada en el bosque seco de la Reserva Natural Laipuna, con el propósito de estimular la formulación de iniciativas que impliquen la retribución por los servicios ambientales generados por los sistemas forestales. Tales servicios incluyen la preservación de la biodiversidad y la captura, así como la retención de carbono.
- Limitar totalmente el acceso del ganado a las áreas de restauración pasiva de la reserva Laipuna, ya que de tal manera asegurar la restauración correcta de estas áreas, ya el ganado se alimenta de la hojarasca y demás plantas presentes en el suelo.
- Ejecutar programas de capacitación y concientización ambiental para las comunidades aledañas, para que se trabaje en el uso sustentable de los recursos del bosque seco, teniendo una perspectiva de conservación, que a largo plazo se puede asignar valores económicos, como lo es con la venta de créditos de carbono y actividades que fomenten su protección como es el turismo comunitario

10. Bibliografía

- Aerts, R., & Honnay, O. (2011). Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. In *BMC Ecology*. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-11-29>
- Aguirre, N. (2017). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*.
- Aguirre, N., Alvarado, J., & Granda, J. (2018). Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 8(2). <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/499>
- Aguirre, N. I. (2017). *Captura de carbono en el compartimiento leñoso del Bosque seco en la provincia de Loja con perspectivas de mercado*.
- Allen, K., Dupuy, J. M., Gei, M. G., Hulshof, C., Medvigy, D., Pizano, C., Salgado-Negret, B., Smith, C. M., Trierweiler, A., Van Bloem, S. J., Waring, B. G., Xu, X., & Powers, J. S. (2017). Will seasonally dry tropical forests be sensitive or resistant to future changes in rainfall regimes? In *Environmental Research Letters*. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5968>
- Anderson, E., Marengo, J., Villalba, R., Halloy, S., Young, B., Cordero, D., Gast, F., Jaimes, E., & Ruiz, D. (2012). *Consecuencias del Cambio Climático en los Ecosistemas y Servicios Ecosistémicos de los Andes Tropicales*.
- Brance, M., & Berhongaray, G. (2022). *Ciclo de carbono en sistemas ganaderos pastoriles la respiración del suelo como parte del ciclo*.
- Bravo, E. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador*.
- Capa, L. E. (2010). *Crecimiento radial de tres especies maderables de bosque seco y su relación con los factores climáticos y fenológicos en la Reserva natural Laipuna*.
- Celentano, D., Zahawi, R. A., Finegan, B., Casanoves, F., Ostertag, R., Cole, R. J., & Holl, K. D. (2011). Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarasca. In *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN (Vol. 59, Issue 3)*.
- Centre for Global Development. (2011). *Estimated Carbon Dioxide Emissions from Tropical Deforestation Improved by Carbon-Density Maps*.
- Cervantes, F., Imbaquingo, J., & León, D. (2022). *VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL BOSQUE PROTECTOR CERRO BLANCO, GUAYAQUIL ECUADOR*. 19(1), 50–63.

- Chambers, J., Higuchi, N., Schimel, J., Ferreira, L., & Melack, J. (2000). *chambers2000 ingles*.
- Chave, J., Réjou, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M., Delitti, W., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P., Goodman, R., Henry, M., Martínez, A., Mugasha, W., Muller, H., Mencuccini, M., Nelson, B., Ngomanda, A., Nogueira, E., Ortiz, 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>
- Contreras, F., Leño, C., Licona, C., Dauber, E., Gunnar, L., Hager, N., & Caba, C. (1999). *Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs)*.
- Cueva, E., Lozano, D., & Yaguana, C. (2019a). Effect of the altitudinal gradient in the floristic composition, structure and arboreal biomass of the andean dry forest, Loja, Ecuador. *Bosque*, 40(3), 365–378. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002019000300365>
- Cueva, E., Lozano, D., & Yaguana, C. (2019b). Effect of the altitudinal gradient in the floristic composition, structure and arboreal biomass of the andean dry forest, Loja, Ecuador. *Bosque*, 40(3), 365–378. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002019000300365>
- Díaz, G. (2012). EL CAMBIO CLIMÁTICO. In *Ciencia y Sociedad: Vol. XXXVII* (Issue 2).
- Díaz, P., Fachin, G., Tello, C., & Arévalo, L. (2016). Carbono almacenado en cinco sistemas de uso de tierra, en la región San Martín Perú. *RINDERESU*, 1, 57–67.
- 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>
- Fonseca, W., Alice, F., & Rey, J. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. In *BOSQUE* (Vol. 30, Issue 1).
- FORAGUA. (2019). *Stock y captura de carbono – FONDO AMBIENTAL Y DEL AGUA*.
- GADMCM. (2021). *PLAN-DE-DESARROLLO-TURISTICO-MACARA-_compressed*.
- Gann, G., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C., Jonson, J., Eisenberg, C., Guariguata, M., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., & Dixon, K. (2019). *PRINCIPIOS Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES PARA LA PRÁCTICA DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA. Segunda edición*.
- García, D., Avella, A., & Hurtado, A. (2020). Regeneración natural en los bosques secos. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt*.
- Gómez, L., Villanueva, F., & Flores, J. (2013). *Ecuaciones Alométricas para estimar peso seco de combustibles forestales vivos en Tlaxcala y Jalisco*. Centro de Investigación

- Regional Pacífico Centro. <https://es.scribd.com/document/348685964/194-Ecuaciones-alometricas#>
- González, M., Jurado, E., González, S., Aguirre, Ó., Jiménez, Javier, & Navar, J. (2003). *Cambio climático mundial: Origen y Consecuencias. VI, número 003*, 337–385.
- Haug, I., Setaro, S., & Suárez, J. P. (2021). Global AM fungi are dominating mycorrhizal communities in a tropical premontane dry forest in Laipuna, South Ecuador. *Mycological Progress*, 20(6), 837–845. <https://doi.org/10.1007/s11557-021-01699-4>
- Honorio, E., & Baker, T. (2010). *Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos*.
- IPCC. (2007). *Resumen para Responsables de Políticas. En cambio climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPCC. (2020). *El cambio climático y la tierra Resumen para responsables de políticas Editado por*. www.ipcc.ch
- Jimenez, 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)
- Kanninen, M. (2003). Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global kaninenn. *CATIE*, 1–8.
- Manchego, C., Hildebrandt, P., Cueva, J., Espinosa, C., Stimm, B., & Günter, S. (2017). Climate change versus deforestation: Implications for tree species distribution in the dry forests of southern Ecuador. *PLoS ONE*, 12(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190092>
- Meza, M., Trejo, H., & González, M. (2018). *Medición del diámetro (dap) de un árbol*.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de Clasificación*.
- Mola, I., Torre, R., & Sopeña, A. (2018). *Guía práctica de Restauración Ecológica*. <https://ieeb.fundacion-biodiversidad.es/>
- Muñoz, J., Armijos, D., & Erazo, S. (2019). *Flora y Fauna del Bosque Seco de la provincia de Loja, Ecuador*. www.ediloja.com.ec
- Noguera, A. (2016). *Bosque seco y cambio climático*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2330.0720>
- Núñez, C. E. (2007). *RELACIONES DE CONVERSIÓN ENTRE DENSIDAD BÁSICA Y DENSIDAD SECA DE MADERA*.
- ONU. (2021). *Reporte de Resultados 2021 ONU/Pinzón*.

- Orbe, T. (2015). *Aumenta deforestación en el sur de Ecuador - América Latina y el Caribe*.
https://www.scidev.net/america-latina/news/aumenta-deforestacion-en-el-sur-de-ecuador/?https://www.scidev.net/america-latina/&gclid=CjwKCAjwjMiiBhA4EiwAZe6jQ1JAeXmwWBzGgtfmgYnEeMbVCkCF0-PpDm6j_hyEVVkJbH1OL_X45BoCI30QAvD_BwE
- Paladines, R. (2003). *Propuesta de conservación del Bosque seco en el Sur de Ecuador*. 4, 183–186.
- Pearson, T., Walker, S., & Brown, S. (2005). *Sourcebook for Land use, Land-use change and forestry ProjectS*.
- Pequeño, M., Alanís, E., Jiménez, J., Aguirre, O., González, M., & Molina, V. (2016). *Criterios a considerar para desarrollar proyectos de restauración ecológica*. 3, 94–105. www.reibci.org
- Pérez, E., & Carril, U. (2009). Fotosíntesis: Aspectos Básicos. *Reduca (Biología)*. *Serie Fisiología Vegetal*, 2(3), 1–47.
- Powers, J. (2019). *¿Serán vulnerables los bosques tropicales secos a los cambios climáticos, y cuáles serán sus efectos sociales? 11*.
- Quesada, M., Sanchez, A., Alvarez, M., Stoner, K., Avila, L., Calvo, J., Castillo, A., Espírito, M., Fagundes, M., Fernandes, G., Gamon, J., Lopezaraiza, M., Lawrence, D., Cerdeira, L., Powers, J., Neves, F., Rosas, V., Sayago, R., & Sanchez, G. (2009). Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. *Forest Ecology and Management*, 258(6), 1014–1024. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.023>
- Ravindranath, N., & Ostwald, M. (2008). Carbon inventory methods: Handbook for greenhouse gas inventory, carbon mitigation and roundwood production projects. In *Advances in Global Change Research* (Vol. 29, pp. 1–304). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6547-7>
- Republica del Ecuador. Ministerio del Ambiente. (2012). *Estrategia nacional de cambio climático del Ecuador*. www.ambiente.gob.ec
- Riofrio, I. (2018). *El bosque seco, una joya amenazada en el Ecuador*. <https://es.mongabay.com/2018/07/ecuador-bosque-seco/>
- Ruiz, I. R., & Tinoco, H. C. (2013). *Cuantificación de las reservas de carbono en bosque seco dentro de tres áreas de conservación del programa socio bosque en el cantón Zapotillo, provincia de Loja*.

- Siu, M., & Ordeñana, W. (2001). *Estimación del contenido y almacenamiento de carbono en el bosque seco secundario del refugio de vida silvestre Chococente.*
- Thorsten, P., Meyer, H., Richter, M., & Rollenbeck, R. (2013). *Environmental Changes Affecting the Andes of Ecuador.* https://doi.org/10.1007/978-3-643-38137-9_2
- Trespacios, J., & Blanquicett, C. (2021). *Gases y efecto invernadero.*
- Vargas, O. (2011). RESTAURACIÓN ECOLÓGICA: BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN Ecological Restoration: Biodiversity and Conservation. In *Acta biol. Colomb* (Vol. 16, Issue 2).
- Zanne, A., Lopez, G., Coomes, D., Llic, J., Jansen, S., Lewis, S., Miller, R., Swenson, N., Wiemann, M., & Chave, J. (2009). *Global Wood Density Database (/es/dataset/global-wood-density-database).*

Anexo 1. Certificación de la traducción del Abstract

Lic. Jordy Christian Granda F., Mgs.
0967352473
Chris-gra1993@hotmail.com
Loja – Ecuador

Loja, 18 de septiembre de 2024

El suscrito, Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs., **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR DEL ÁREA DE INGLÉS - CIS DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal,

CERTIFICA:

Que, la traducción del documento adjunto solicitado por el Sr. **Juan José Jumbo Arteaga**, con cedula de ciudadanía No. **1105901134**, cuyo tema de investigación se titula: **Estimación del carbono almacenado en áreas de restauración pasiva del bosque seco en el cantón Macará, provincia de Loja**, ha sido realizado y aprobado por mi persona, docente de Educación Superior en la enseñanza del inglés como lengua extranjera. El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

English is a piece of cake!



Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs.
ENGLISH PROFESSOR



