

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



CENTRO DE POSGRADOS MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP) EN GESTIÓN AMBIENTAL COHORTE 2021

TEMA: “ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO DEL BOSQUE Y PASTIZAL EN TAMBO-PALICTAHUA, CANTÓN PENIPE PARA PROPONER ESTRATEGIAS PARA SU CONSERVACIÓN”

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Gestión Ambiental Mención Planificación Ambiental

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada

Autora: Ingeniera Lisseth Paola Ortiz Cruz

Director(a): Ingeniera Lineth del Rocío Fernández Sánchez, Magíster

Ambato – Ecuador

2022

A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por el Ingeniero Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD, e integrado por los señores: Ingeniero Jorge Olmedo Choez Pin Magíster, Arquitecto Oscar Efrén Reyes Bustamante Magíster, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO DEL BOSQUE Y PASTIZAL EN TAMBO-PALICTAHUA, CANTÓN PENIPE PARA PROPONER ESTRATEGIAS PARA SU CONSERVACIÓN” elaborado y presentado por la Ingeniera Lisseth Paola Ortiz Cruz, para optar por el Grado Académico de Magíster en Gestión Ambiental; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD.
Presidente y Miembro del Tribunal

Ing. Jorge Olmedo Choez Pin. Mg.
Miembro del Tribunal

Arq. Oscar Efrén Reyes Bustamante. Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: Estimación del contenido de carbono del bosque y pastizal en Tambo-Palictahua, cantón Penipe para proponer estrategias para su conservación, le corresponde exclusivamente a la: Ingeniera Lisseth Paola Ortiz Cruz, Autora bajo la Dirección de la Ingeniera Lineth del Rocío Fernández Sánchez, Mg, Directora del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ingeniera Lisseth Paola Ortiz Cruz

c.c.: 060516828-5

AUTORA

Ingeniera Lineth del Rocío Fernández Sánchez. Mg.

c.c.:160041697-6

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ingeniera Lisseth Paola Ortiz Cruz

c.c.:060516828-5

DEDICATORIA

A Dios y a mi familia
por su apoyo
incondicional.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por todas las bendiciones recibidas en el transcurso de este caminar, a mi familia por su apoyo incondicional, fortaleza y el amor que son los pilares fundamentales para conseguir tan anhelada meta.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN EJECUTIVO	xi
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	4
1.3.1 General.....	4
1.3.2 Específicos	4
CAPITULO II	5
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	5
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 El carbono	6
2.1.1 Emisiones de carbono	7
2.1.2 Captura de carbono	7
2.1.3 Almacenamiento de carbono en bosques	8
2.1.4 Almacenamiento de carbono en pastizales	8
2.1.5 El ciclo del carbono.....	9
2.2 Cambio climático.....	9
2.2.1 Consecuencias del cambio climático	10
2.2.2 Efecto invernadero	10
2.2.3 Conservación.....	11

CAPITULO III	13
3.1. Ubicación.....	13
3.2 Equipos y materiales.....	15
3.3 Tipo de investigación.....	16
3.4 Prueba de Hipótesis.....	16
3.5 Población o muestra.....	16
3.6 Recolección de información.....	17
3.7 Procesamiento de la información y análisis estadístico:	18
3.8 Variables respuesta o resultados alcanzados	18
CAPITULO IV	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1 Análisis de datos	20
4.2 Análisis de los resultados	21
4.3 Estrategias para la conservación del bosque Palictahua	24
CAPÍTULO V	25
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	25
5.1 Conclusiones	25
5.2 Recomendaciones	26
5.3 BIBLIOGRAFÍA.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Características físico-químicas del suelo del bosque y pastizal en Tambo-Palictahua, cantón Penipe	20
---	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Área de estudio	14
Figura 2 Área de muestreo	33
Figura 3 Cuadrante para la recolección de la muestra	34
Figura 4 Toma de muestras para el análisis	35
Figura 5 Almacenamiento, etiquetado de muestras	35

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP)
EN GESTIÓN AMBIENTAL
COHORTE 2021

TEMA:

ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO DEL BOSQUE Y PASTIZAL EN TAMBO-PALICTAHUA, CANTÓN PENIPE PARA PROPONER ESTRATEGIAS PARA SU CONSERVACIÓN

MODALIDAD DE TITULACIÓN: Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada

AUTORA: *Ingeniera Lisseth Pola Ortiz Cruz*

DIRECTORA: *Ingeniera Lineth del Rocío Fernández Sánchez, Mg.*

FECHA: *diez de mayo de 2022*

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tuvo como objetivo general estimar el contenido de carbono del bosque y pastizal en Tambo-Palictahua, cantón Penipe para proponer estrategias para su conservación; inició siendo explicativa pues se caracterizaron las muestras del suelo (bosque y pastizal) y posteriormente fueron sometidas a análisis físico-químicos mismos que se realizaron en el INIAP de la ciudad de Quito. Luego se transformó en exploratoria ya que al contar con los resultados del laboratorio se estimó la cantidad de carbono existente entre el bosque y el pastizal, finalmente fue experimental pues a través de un diseño experimental al azar (muestreo aleatorio simple) se tomaron las muestras en las dos áreas de estudio. De los resultados del laboratorio se obtuvo que el contenido de carbono no varió significativamente ($p > 0,05$) entre el suelo del bosque ($0,89 \pm 0,06$) y el pastizal ($0,82 \pm 0,14$), por tanto, se aceptó la hipótesis nula, aunque se observó que existe mayor cantidad de carbono en el bosque esto quizá se debió a la vegetación presente en el mismo como: Actinidiaceae, Araliaceae, Asteraceae, Buxaceae, Lauraceae, Cunnoniaceae, entre otras especies: *Solanum venosum*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Vallea stipularis*, *Miconia bracteolata*, *Grosvenoria campii*, *Escallonia myrtilloides*, además, se consideró que dicho muestreo se realizó en época de invierno (agosto). Los resultados obtenidos permitieron concluir que el carbono orgánico del suelo (COS) es fundamental para la actividad biológica, la diferencia en la cantidad de carbono tanto en el bosque ($0,89\text{Mgha}^{-1}$) como en el pastizal ($0,82\text{Mgha}^{-1}$) no es significativa, sin embargo, estas

áreas forestales acumulan carbono atmosférico y contribuyen en la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) (CO₂ equivalente), así como también la acumulación de carbono en la biomasa y el suelo, ayuda en el control de las emisiones producidas por la deforestación y el mejoramiento de las prácticas de uso del suelo.

DESCRIPTORES: *BOSQUE, CONTENIDO, CONSERVACIÓN, CARBONO, ESTIMACIÓN, ESTRATEGIAS, PALICTAHUA, PASTIZAL, PENIPE, TAMBO.*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP)
EN GESTIÓN AMBIENTAL
COHORTE 2021

THEME:

*ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO DEL BOSQUE Y PASTIZAL EN
TAMBO-PALICTAHUA, CANTÓN PENIPE PARA PROPONER ESTRATEGIAS PARA
SU CONSERVACIÓN*

DEGREE MODALITY: Degree Project with Applied Research Component

AUTHOR: *Ingeniera Lisseth Paola Ortiz Cruz*

DIRECTED BY: *Ingeniera Lineth del Rocío Fernández Sánchez, Mg.*

DATE: *may ten, two thousand and twenty-two*

EXECUTIVE SUMMARY

The general objective of this research was to estimate the carbon content of the forest and grassland in Tambo-Palictahua, Penipe canton to propose strategies for its conservation; It began being explanatory because the soil samples (forest and grassland) were characterized and later they were subjected to physical-chemical analysis that was carried out at the INIAP of the city of Quito. Then it became exploratory since having the results of the laboratory estimated the amount of carbon between the forest and the grassland, finally it was experimental because through a random experimental design (simple random sampling) the samples were taken in the two study areas. From the results of the laboratory it was obtained that the carbon content did not vary significantly ($p>0.05$) between the forest floor (0.89 ± 0.06) and the grassland (0.82 ± 0.14), therefore, the null hypothesis was accepted, although it was observed that there is a greater amount of carbon in the forest this may have been due to the vegetation present in it such as: Actinidiaceae, Araliaceae, Asteraceae, Buxaceae, Lauraceae, Cunnoniaceae, among other species: *Solanum venosum*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Vallea stipularis*, *Miconia bracteolata*, *Grosvenoria campii*, *Escallonia myrtilides*, in addition, it was considered that this sampling was carried out in winter (august). The results obtained allowed to conclude that soil organic carbon (COS) is fundamental for biological activity, the difference in the amount of carbon in both the forest (0.89Mgha^{-1}) and grassland (0.82Mgha^{-1}) is not significant, however, these forest areas accumulate atmospheric carbon and contribute to

the reduction of greenhouse gases (GHG) (CO₂ equivalent), as well as the accumulation of carbon in biomass and soil, helps in the control of emissions produced by deforestation and the improvement of land use practices.

KEYWORDS: *CONTENT, CONSERVATION, CARBON, ESTIMATION, FOREST, GRASSLAND, PALICTAHUA, PENIPE, STRATEGIES, TAMBO.*

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

El cambio climático es uno de los problemas más investigados por los efectos que se generan debido al incremento de los gases de efecto invernadero (GEI), cambios de temperatura, y al cambio del uso del suelo (principalmente la transformación de los bosques en áreas agropecuarias) que en los últimos años se han visto afectados debido a la ampliación de la frontera agrícola.

Uno de los objetivos del Acuerdo de París es prevenir la deforestación, incentivar el cuidado, protección y uso de manera sostenible de los bosques (Zeman, 2018). Los ecosistemas boscosos cumplen un papel importante por la prestación de servicios ambientales ya que almacenan carbono contribuyendo en la mitigación del cambio climático. Sin embargo, en el Ecuador es ineficiente la gestión de estos ecosistemas debido a que las tasas de deforestación son altas por el uso de madera ilegal, la ampliación de la frontera agrícola generando efectos adversos (Toscano y Berbey, 2020).

Los pastizales son considerados como servicios ecosistémicos, cubren aproximadamente el 40 % de la superficie de la tierra, tienen un alto valor ecológico, presentan una gran biodiversidad y es un medio para la seguridad alimentaria. Debido a los cambios de uso de suelo, malas prácticas de manejo, la actividad ganadera estos ecosistemas se están deteriorando (Estrada et al 2018). Los pastizales son vulnerables por la ausencia de

precipitaciones y/o largos períodos de sequía, pérdida de nutrientes lo que provoca la erosión del suelo (Villalba, 2021).

En el presente trabajo se estima la cantidad de carbono contenido en el bosque y pastizal Tambo-Palictahua, cantón Penipe, para proponer estrategias para su conservación; para lo cual se estructura en cinco capítulos: el capítulo I hace referencia al planteamiento, justificación y los objetivos de la investigación, en el capítulo II se encuentra el estado del arte, el capítulo III hace mención al marco metodológico considerando la ubicación, equipos y materiales, tipo de investigación, entre otros, el capítulo IV se encuentra los resultados y la discusión de los análisis del suelo del bosque y pastizal, y en capítulo V se encuentran las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos como parte final del trabajo investigativo.

1.2 Justificación

El cambio climático es uno de los mayores problemas hoy en día que afectan a la humanidad por los efectos que se generan en el medio ambiente principalmente y en los ecosistemas naturales por el incremento de los gases de efecto invernadero (GEI), la variabilidad del clima, incremento en la temperatura y el cambio del uso del suelo (Ballesteros y León, 2007).

Los sistemas de uso de la tierra que incluyen los bosques, plantaciones forestales y sistemas agroforestales mitigan el cambio climático al fijar el carbono en la biomasa, necromasa y suelos, dependiendo de las condiciones climáticas, siendo una de las principales alternativas como reservas ecológicas de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico.

Los bosques almacenan una gran cantidad de carbono, tanto en la vegetación como en los suelos, cumpliendo un papel importante en el intercambio de CO₂ entre la biósfera y la atmósfera. Es por esta razón que los bosques son vistos en la actividad forestal como una posibilidad de reducir las concentraciones de gases de efecto invernadero, así como un gran potencial para aumentar la retención de carbono, de manera que contribuyen con la mitigación del cambio climático.

Los pastizales cubren una mayor cantidad de extensiones de terreno, los cuales no han sido muy estudiados, sin embargo, son considerados como un gran potencial para mitigar el cambio climático, por la absorción de los gases de efecto invernadero y almacenar CO₂ que si son bien manejados podrían ser más importantes que los bosques (Romero, 2015).

El Ecuador en su interés para atenuar el cambio climático y reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero en el Contexto del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, a través del fortalecimiento del marco regulatorio (políticas, programas e iniciativas) busca articular medidas dentro y fuera de los bosques, generando múltiples beneficios ambientales y sociales (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2020).

En el bosque Palictahua, son escasos los estudios de captura de carbono por los ecosistemas forestales en comparación con otras zonas del Ecuador. Más aún se desconoce el valor potencial de los bosques y pastizales como fijadores de carbono. El objetivo del estudio es estimar si existe una diferencia significativa en el contenido de carbono entre el bosque y pastizal, y proponer estrategias para su conservación.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Estimar el contenido de carbono del bosque y pastizal en Tambo-Palictahua, cantón Penipe, para proponer estrategias para su conservación.

1.3.2 Específicos

- Cuantificar la captura de carbono del bosque y pastizal en Tambo-Palictahua, cantón Penipe.
- Comparar el contenido de carbono entre las dos áreas de estudio.
- Proponer estrategias con base en los resultados obtenidos.

CAPITULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El mantenimiento de las reservas de carbono mediante los bosques a través de sistemas agroforestales se ha convertido en un servicio ambiental reconocido a nivel global y que a través de la valoración puede tener un valor económico considerable para países en vías de desarrollo. Una forma de mitigar los efectos del CO₂, además de reducir las emisiones, es almacenarlo, el mayor tiempo posible, en la biomasa y en el suelo. Después de realizar una investigación bibliográfica documentada de temas similares al general se destacan los siguientes trabajos.

Un estudio realizado por Ordóñez y Masera (2001) afirman que la vegetación cumple un papel importante pues presenta la capacidad de absorber el carbono a través de la fotosíntesis, y fijarlo por largos periodos, contribuyendo en la mitigación del cambio climático.

Cabrera et al. (2019) señala que en un estrato arbóreo con diámetros pequeños garantizan el futuro del bosque y la cantidad de biomasa, se acumuló 271.5 Mg ha⁻¹ de biomasa y 135,8 Mg ha⁻¹ de carbono fijado en 672 individuos ha⁻¹ de 42 especies incluidas en 35 géneros y 25 familias.

En el estudio realizado por Lozano et al. (2018) se estimó el almacenamiento de carbono en el bosque montano bajo a través de modelos alométricos, obteniéndose que de las 179 especies botánicas almacenan un total de 81 t C ha⁻¹, es decir, el 58 % del carbono total estimado.

Echeverría et al. (2018), en su estudio determinaron la cantidad de carbono por cada tipo de bosque consiguiendo 5,44 TnC/ha y 12,2 TnC/ha respectivamente. El cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) es un índice de vegetación válido para vegetaciones boscosas mas no para vegetaciones arbustivas pequeñas y de pajonal pues estas daban como resultado un bajo nivel de vigorosidad de la vegetación.

En la investigación realizada por Ramos y Martínez (2020) concluyeron que en los pastizales el almacenamiento de carbono por la presencia de *P. notatum* fue de 74,5% en la zona radicular mientras que *U. decumbens* fue de 43,5% en la misma parte, dicha diferencia puede estar relacionada por ser una especie nativa y/o a la mayor productividad de *P. notatum*.

Perea et al. (2021) para la estimación de carbono en la biomasa aérea en bosques naturales lo realizaron mediante teledetección, para lo cual determinaron que los bosques alto-Andinos almacenaron un total de 36,6 Mg C/ha en la biomasa aérea.

MARCO TEÓRICO

2.1 El carbono

Es el elemento químico más abundante en todo el planeta, y fundamental en la formación de compuestos orgánicos; se representa con la letra C y está presente en la organización molecular de la gran mayoría de materia presente en la tierra desde los seres vivos hasta los seres inanimados y diferentes estados de la materia. El carbono elemental existe en dos formas alotrópicas cristalinas bien definidas: diamante y grafito. Otras formas con

poca cristalinidad son carbón vegetal, coque y negro de humo (Orejuela, H. 2018).

2.1.1 Emisiones de carbono

En la naturaleza, una de las fuentes de emisión es por el proceso de la fotosíntesis específicamente por la respiración desprendiéndose principalmente dióxido de carbono (CO₂); de manera antropogénica estas emisiones están relacionadas con las actividades del ser humano como la combustión incompleta de combustibles fósiles, procesos industriales, cambios de uso del suelo las cuales están alterando el ciclo del carbono, y de esta manera está influenciando en la capacidad de los suelos para almacenar carbono. específicamente por lo complejos industriales (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA], 2021).

2.1.2 Captura de carbono

La captura de carbono (C) en el suelo es un servicio ambiental que se da a través de la biomasa aérea, así como de las raíces; un aumento en la biomasa y de los niveles de carbono orgánico del recurso suelo supone un mayor secuestro de carbono, y por ende una reducción de CO₂ atmosférico. Este proceso se realiza por la absorción del dióxido de carbono durante la fotosíntesis y la respiración transformándolo en moléculas orgánicas (glúcidos), los cuales son aprovechados por las plantas como alimento y guardan una parte como reserva (Carvajal y Andrade, 2020) (Muñoz y Vásquez, 2020).

Sin embargo, según Romero et al. (2022) el secuestro y la liberación de carbono depende específicamente por el tipo y edad de la vegetación, el uso del suelo, del tipo de

ecosistema. El almacenamiento de carbono presenta un valor ambiental positivo, debido al cambio del uso del suelo este C es liberado a la atmósfera y puede ocasionar daños ambientales negativos influyendo principalmente en el calentamiento global.

2.1.3 Almacenamiento de carbono en bosques

Los bosques son considerados como un importante depósito de carbono, cuya permanencia en el ecosistema depende principalmente que no se manifiesten fenómenos naturales y antropogénicos. El CO₂ y otros gases de efecto invernadero afectan directamente los procesos biológicos y en la ecología de los ecosistemas forestales (Jiménez, 2021).

Los bosques cumplen un papel importante ya que contribuyen en la generación de grandes cantidades de oxígeno (O₂), absorben grandes cantidades de calor, por lo que ayudan a mantener la temperatura global del planeta, almacenan el 50 % de CO₂ minimizando la contaminación, son protectores del suelo ante las precipitaciones, evitan la erosión del suelo, regulan el aumento de CO₂ en la atmósfera, proporcionan el hábitat para animales (Jiménez, 2021).

2.1.4 Almacenamiento de carbono en pastizales

Los pastizales o pastos son un tipo de vegetación que ha sido poco estudiado, sin embargo, estos cubren alrededor del 20% de la superficie terrestre y presentan el mismo potencial de absorción de C como los bosques (Romero, et al. 2022). Según Barrezueta et al. (2020) los pastizales tienen una gran capacidad de secuestro de C por poseer sistemas radiculares dinámicos, manejo del suelo y por la excreta de los animales.

2.1.5 El ciclo del carbono

El carbono cumple un papel fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del planeta mediante el ciclo del carbono. Este proceso natural ha sido alterado por las actividades humanas ya sea de manera directa o indirecta, conllevando una perturbación de los almacenes y flujo de C, la composición de la atmósfera local, lo cual está relacionado con el cambio climático global; es así como los bosques y pastizales son ecosistemas fundamentales en este ciclo ya que capturan y liberan este elemento (Briones et al. 2020, p. 80)

2.2 Cambio climático

Según la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC) y el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático mencionan que es una variación del clima atribuyéndole directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (Poma, A., 2018)

El cambio climático global es uno de los problemas ambientales más graves y que enfrenta la sociedad a nivel mundial, provocado por un aumento de la temperatura, y de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El dióxido de carbono (CO₂) ha sido identificado como uno de los principales GEI, siendo los impulsores más importantes la producción de combustibles fósiles y el cambio de uso de la tierra, dicho fenómeno tendrá consecuencias graves para los ecosistemas naturales, contribuyendo a la pérdida y degradación de los recursos biológicos del planeta, la erosión de los suelos y cambios en

los patrones de transpiración, la contaminación de los acuíferos y otros fenómenos. (Orejuela, H., 2018) (Agencia de Protección Ambiental, 2021).

2.2.1 Consecuencias del cambio climático

La evolución del clima, alteración del ciclo del agua, acidificación de los océanos, alteración de los ecosistemas ha sido preocupante en los últimos años, sin embargo, esto se le atribuye al cambio climático provocando fenómenos naturales como huracanes, tsunamis, uno de los más importante es el efecto invernadero (Sánchez et al, 2020).

Sin embargo, una de las consecuencias evidenciadas por el cambio climático es el aumento de la temperatura, a finales del siglo XX se observó un incremento de 0,6°C, esto ha conllevado que se produzcan fenómenos meteorológicos extremos como precipitaciones torrenciales, olas de calor y fuertes sequias. Además, en el Ártico ha influido en la fusión del hielo o el derretimiento de los casquetes polares, generando un aumento en el nivel del mar alterando los ecosistemas y la pérdida de especies como el oso polar (Armesto, A., 2021)

2.2.2 Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno producido por el cambio climático originada por cambios en la atmósfera por la energía que llega del sol. Los gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), hidrofluorocarbonos (HFC),

perfluorocarbonados (PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆) y el ozono, que influyen en la absorción atmosférica de la radiación emitida (Sánchez et al, 2020).

Solomon et al (s.f.) menciona que existen dos tipos de GEI, los de larga vida (GEILV) como el CO₂, CH₄, y el NO₂ considerados, así por su estabilidad química, su rápida capacidad de mezclarse de lo que se elimina y su persistencia en la atmósfera los cuales han influido considerablemente en el clima, y los de corta vida como el SO₂, y el CO que tienen una reactividad química haciéndolos muy variables, se eliminan de manera natural mediante las precipitaciones o por a través de los ciclos biogeoquímicos.

2.2.3 Conservación

2.2.3.1 Conservación de los bosques

Los bosques actualmente son considerados como reservas naturales, así como también son utilizados como el hábitat de especies animales, y brindan servicios ambientales. En el Ecuador existe el programa de protección de bosques llamado Socio Bosque cuyo objetivo es conservar y proteger los bosques nativos, páramos, entre otras especies forestales nativas y sus valores ecológicos, a través de la ayuda de campesinos y comunidades indígenas que integran el programa mediante incentivos económicos (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2018).

En el Ecuador los bosques son considerados como grandes almacenadores de carbono, en las áreas protegidas amazónicas se ha encontrado que almacenan 708 millones de toneladas de carbono (Palacios et al, 2019). El Ministerio del Ambiente, Agua y

Transición Ecológica (2018) se ha propuesto evaluar los bosques con el fin de obtener información actualizada sobre los bosques y su potencialidad como reservas de C.

2.2.3.2 Conservación de los pastizales

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018), los pastizales constituyen un gran sumidero de carbono superando al de los bosques, pues son ecosistemas que ayudan a mitigar el cambio climático al absorber y almacenar el dióxido de carbono, además, son el hábitat de muchas especies, son grandes almacenadores de agua, proveen energía, y alimento.

Los ecosistemas de pastizal cumplen un papel importante en la protección ambiental natural, pues se caracterizan por la producción de biomasa aérea, calidad de forraje, presentan una alta calidad nutritiva, son especies de crecimiento corto, son utilizados para la regeneración de áreas (Yaranga et al, 2018).

CAPITULO III

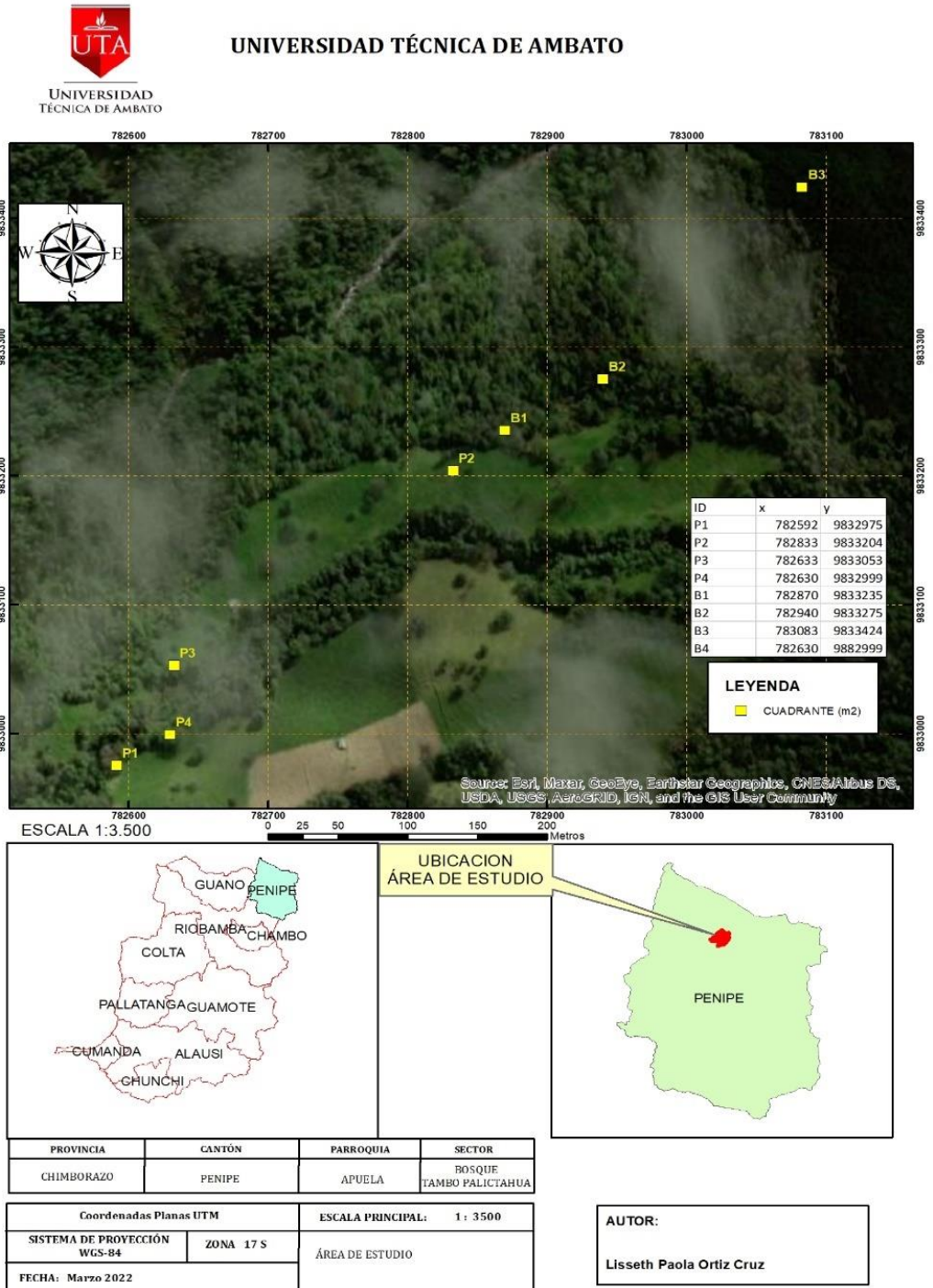
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

La investigación se llevará a cabo en el Bosque Palictahua (bosque Montano) (Anexo 5.4), sector Tambo-Palictahua, perteneciente al cantón Penipe, provincia de Chimborazo, con las siguientes coordenadas: X: 783259, Y: 9833255, y con una altura máxima de 3081m.s.n.m. (Arroyo, 2018)

Figura 1

Área de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de campo

La zona presenta una temperatura promedio de 12,5 °C, una precipitación promedio anual de 800 a 2000 mm, una humedad relativa mayor al 80%. (GAD Cantonal Penipe, 2015)

La zona presenta una vegetación arbustiva y arbórea, las familias predominantes son: Actinidiaceae, Araliaceae, Asteraceae, Buxaceae, Lauraceae, Cunnoniaceae, entre otras especies: *Solanum venosum*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Vallea stipularis*, *Miconia bracteolata*, *Grosvenoria campii*, *Escallonia myrtilloides*; el bosque en esta zona está alterado rodeado de pastos y cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth) (Caranqui, 2014) (Caranqui, 2006).

3.2 Equipos y materiales

Materiales de campo

Libreta de apuntes, cámara fotográfica, lápiz, marcador indeleble, flexómetro, fundas ziploc, cooler, tijera podadora, estacas, piolas.

Materiales de oficina

Computador, impresora, carpetas, hojas de registro

Equipos

GPS

3.3 Tipo de investigación

La presente investigación de la estimación de carbono del bosque y pastizal en Tambo-Palictahua, cantón Penipe para proponer estrategias para su conservación, empieza siendo explicativa, ya que inicialmente se deben caracterizar las muestras del suelo del bosque y pastizal a través de análisis físicos y químicos para conocer el contenido de carbono.

Posteriormente, se transforma en exploratoria, pues al contar con los resultados del laboratorio, se toma como punto de partida para estimar la cantidad de carbono existente entre el bosque y pastizal, para proponer estrategias para su conservación.

Finalmente, la investigación es experimental, mediante un diseño experimental al azar se tomarán las muestras para su análisis.

3.4 Prueba de Hipótesis

El área de bosque y pastizal presentan una diferencia significativa en el contenido de carbono en el bosque Palictahua para proponer estrategias para su conservación.

3.5 Población o muestra

Para la recolección de las muestras tanto del bosque como del pastizal, se aplicó un muestreo aleatorio simple (M.A.S), pues los puntos de muestreo fueron seleccionados de manera aleatoria por el área del bosque.

3.6 Recolección de información

Métodos

Las áreas de este estudio serán en base a los dos tipos de vegetación (bosque y pastizal) que fueron seleccionados para la estimación del contenido de carbono, tomando en cuenta que los suelos de la zona son limosos negros y ácidos, derivados en parte de ceniza volcánica, de material sedimentario o arcilla montmorillonítica, de textura limosos y de color negro de 20 – 30 cm de profundidad (Caranqui-Aldaz, 2006).

Registro de datos

Para la determinación de la estimación de carbono del bosque y del pastizal, se establecerán unidades de muestreo cuantitativas (10) en el bosque y el pastizal a través de transectos donde se tomarán datos en 5 cuadrantes de 0,50 m x 0.50 m, de cada una de ellas (Anexo 5.4), y se recopilará lo siguiente:

- Suelo: se tomarán dos datos:

- Para el análisis del porcentaje de materia orgánica, se tomará una muestra de suelo de 500 g a una profundidad de 0.30 m a nivel suelo.
- Para la densidad aparente se tomarán submuestras de 100 cm³ cada una.

Para la caracterización química de las muestras se realizará a través de una muestra compuesta del bosque y del pastizal, para lo cual de cada cuadrante se tomarán muestras de 100 cm³ de suelo las cuales se homogenizarán en una lona, posteriormente se tomarán 1000 g para su análisis (Anexo5.4) (Suárez et al, 2016).

El análisis físico y químico de las muestras de suelo de las dos áreas se realizarán en el laboratorio del INIAP, en la ciudad de Quito.

3.7 Procesamiento de la información y análisis estadístico:

Del bosque y pastizal se tomarán cinco muestras (n = 5) por cada una de las zonas respectivamente, donde se realizará la estimación del contenido de carbono en base a los parámetros físicos y químicos, los cuales se analizarán para comprobar que estos sean paramétricos y que cumplan si son normales y homogéneos, y posterior a ello aplicar el análisis funcional de varianza y prueba T-student al 5% ($p \geq 0.05$).

3.8 Variables respuesta o resultados alcanzados

Variable Independiente (VI): el bosque y pastizal.

Variable Dependiente (VD): contenido de carbono.

La investigación se llevó a cabo en el mes de agosto en Tambo-Palictahua, para lo cual se realizó un muestro a nivel del suelo en transectos de cinco cuadrantes de 0.50 m x 0.50 m en el bosque y en pastizal, luego se procedió a enviar las muestras al laboratorio del INIAP en la ciudad de Quito.

Posteriormente, mediante un análisis estadístico se determinó si existe una diferencia significativa en el contenido de carbono del bosque y pastizal. En base a los resultados obtenidos se propondrán estrategias para la conservación del bosque Palictahua.

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1

Características físico-químicas del suelo del bosque y pastizal en Tambo-Palictahua, cantón Penipe

Variables	Muestras				t student	Prob.
	Bosques		Pastizal			
Carbono orgánico total en suelo (Mgha ⁻¹)	0,89	± 0,06	0,82	± 0,14	0,93	0,19
Densidad aparente (g/cm ³)	0,73	± 0,10	0,69	± 0,07	0,61	0,56
Humedad gravimétrica (%)	43,38	± 17,05	48,80	± 9,14	-0,56	0,60
Materia Orgánica (%)	7,15	± 1,42	6,90	± 1,57	0,24	0,82
pH	6,42	± 0,21	6,08	± 0,22	2,24	0,07
N (ppm)	42,50	± 14,55	53,50	± 10,08	-1,24	0,26
P (ppm)	17,50	± 5,07	12,90	± 3,56	1,49	0,19
K (meq/100g)	0,59	± 0,28	0,36	± 0,14	1,44	0,20
Ca (meq/100g)	11,80	± 4,39	3,79	± 2,49	3,17	0,02
Mg (meq/100g)	3,91	± 0,55	2,31	± 0,90	3,03	0,02

Fuente: Elaboración propia

4.1 Análisis de datos

Estadísticamente el contenido de carbono no varió significativamente ($p > 0,05$) entre los suelos del bosque ($0,89 \pm 0,06$) y el pastizal ($0,82 \pm 0,14$), por tanto, se acepta la hipótesis nula, se observó que existe mayor cantidad de carbono en el bosque esto quizá se deba por la vegetación presente en el mismo (Actinidiaceae, Araliaceae, Asteraceae, Buxaceae, Lauraceae, Cunnoniaceae, entre otras especies: *Solanum venosum*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Vallea stipularis*, *Miconia bracteolata*, *Grosvenoria campii*, *Escallonia myrtilloides*).

La densidad aparente no varió significativamente ($p>0,05$) entre coberturas del bosque y el pastizal ($0,73 \pm 0,10$ y $0,69 \pm 0,07 \text{ g*cm}^{-3}$ respectivamente). En los valores de la humedad tampoco se aprecian diferencias significativas ($p>0,05$) entre el bosque ($43,38 \pm 17,05$) y el pastizal ($48,80 \pm 9,14$), esto se debió a que el muestreo se llevó a cabo en época de lluvia (agosto).

La concentración de N ($42,50 \pm 14,55$), P ($17,50 \pm 5,07$), K ($0,59 \pm 0,28$) del bosque no presentan diferencias ($p>0,05$) en relación a la concentración de N ($53,50 \pm 10,08$), P ($12,90 \pm 3,56$), y K ($0,14 \pm 1,44$) del suelo del pastizal. Sin embargo, la presencia de Ca ($11,80 \pm 4,39$) y Mg ($3,91 \pm 0,55$) en los bosques difieren significativamente ($p<0,05$) con respecto al Ca ($2,49 \pm 3,17$), y Mg ($0,90 \pm 3,03$) del pastizal, observándose de esta manera que existe mayor cantidad de estos minerales en el bosque.

En la tabla se muestran los valores de los parámetros físico-químicos analizados en el suelo del bosque y del pastizal. Para lo cual la densidad aparente fue baja tanto para el bosque como para el pastizal ($0,73$ a $0,69 \text{ g cm}^{-3}$) por ser un suelo franco arenoso. No se encontraron diferencias significativas ($p = 0,61$), lo cual indica que los sistemas agroforestales no influyen en esta variable edáfica.

4.2 Análisis de los resultados

El carbono orgánico del suelo (COS) es fundamental para la actividad biológica, la diferencia en la cantidad de carbono tanto en el bosque ($0,89\text{Mgha}^{-1}$) como en el pastizal ($0,82\text{Mgha}^{-1}$) no es significativa, sin embargo, estas áreas forestales acumulan carbono atmosférico y contribuyen en la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) (CO_2

equivalente), así como también la acumulación de carbono en la biomasa y el suelo, ayuda en el control de las emisiones producidas por la deforestación como menciona Raj Deb et al (2018).

El valor de la densidad aparente en el bosque y el pastizal fue de $0,73 \text{ g/cm}^3$ y $0,69 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, en la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, se establece que cuando el valor de la densidad es menor a 1.00 g/cm^3 , es por el tipo de suelo (orgánico y volcánico), sin embargo el análisis de suelo muestra que es franco arenoso dicha variación de densidad pudo deberse que la muestra fue realizada en época de invierno.

En los resultados obtenidos del análisis de la materia orgánica en los bosques se obtuvo un valor de 7,15% y en los pastizales 6,90%, considerando que se encuentra una mayor cantidad en los bosques, al comparar estos datos en la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, en referencia a la materia orgánica por presentar valores mayores a 6 se encuentran ubicados en la clase muy alto para suelos no volcánicos. Martínez et al. (2018) afirman que en este rango son suelos ricos en materia orgánica, teniendo una estrecha relación en la concentración de carbono orgánico.

El pH del suelo de bosque fue de 6,42 y del pastizal de 6,08, según la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, en la clasificación del suelo en cuanto al pH se lo considera como un suelo moderadamente ácido, dicho parámetro puede verse afectado por el tipo de constituyentes orgánicos e inorgánicos que contribuyen en la acidez, el tipo de vegetación, y por la concentración de sales en solución.

Debido a la descomposición de residuos y materia orgánica por la acción de la biota presente en el suelo, el nitrógeno es liberado en el interior del mismo y utilizado por las

plantas como nutriente para el crecimiento de las partes aéreas de las plantas y proveer la coloración verde a las hojas. En el análisis de suelo del bosque la cantidad de nitrógeno fue de 42,50 ppm y en el pastizal de 53,50 ppm, según la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 estos valores son altos, sin embargo, la cantidad de nitrógeno es mayor en los pastizales que según Laban et al. (2018) menciona que esto se debe a que los herbívoros incorporan nitrógeno digerible en concentraciones altas en el suelo a través de la orina.

La cantidad de fósforo en el suelo es indispensable para el crecimiento de las plantas, en el bosque la concentración de fósforo es de 17,50 ppm y en el pastizal 12,90 ppm, de acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 se encuentra en un rango medio. En un estudio realizado por Palomares (2021) menciona que el P posee una mayor solubilidad en un pH mayor a 6, y que la fijación del mismo está relacionado con el contenido de carbono.

De acuerdo con Sadeghian y Arias (2018) el potasio es uno de los nutrimentos esenciales en la fisiología de las plantas. Como se observa en la Tabla 1-1, los resultados de potasio, de acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 el valor promedio en el bosque fue 0,59 meq/100 g, y en el pastizal de 0,36 meq/100 g, cuyos valores están considerados como óptimos (<0,2 a >0,4).

El valor de calcio y magnesio corresponde a la cantidad total de macronutrientes disponibles para las plantas. (Palomares, 2021). Los resultados de calcio promedio en el bosque fue 11,80 meq/100 g, y en el pastizal de 3,79 meq/100 g, considerando la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 el contenido en los bosques es alta (>10) con respecto a la cantidad del pastizal que es baja (2-5). El valor promedio de magnesio en los bosques fue 3,91 meq/100 g, y en el pastizal 2,31 meq/100 g, según la NORMA los dos resultados se encuentran en un rango medio (1,3-4,0).

4.3 Estrategias para la conservación del bosque Palictahua

Teniendo en cuenta los resultados del análisis físico-químico del suelo, se proponen las siguientes estrategias de conservación para el bosque Palictahua:

- Incentivar la participación del GAD municipal y de la sociedad civil, en la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad que constituirá el marco de acción del bosque.
- Crear políticas para la protección, manejo y control del bosque Palictahua.
- Focalización de compensaciones económicas dirigidos a la conservación del bosque y por los servicios ecosistémicos o pago por servicios ambientales.
- Implementación de planes de conservación, manejo, restauración ecológica e investigación para el bosque Palictahua.
- Consolidación de esquemas de manejo focalizados en áreas con presencia de flora y fauna amenazadas, que minimicen los impactos negativos.
- Mejorar las prácticas de uso del suelo para disminuir y/o evitar la ampliación de la frontera agrícola.
- Realizar investigaciones en el bosque Tambo-Palictahua para conocer la tasa de remoción de CO₂ atmosférico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1 Conclusiones

Se estimó el contenido de carbono del bosque y pastizal en Tambo-Palictahua, cantón Penipe mediante el análisis físico y químico del suelo de cada una de las áreas de estudio, y con ello se propuso estrategias para su conservación.

Mediante análisis del laboratorio se cuantificó la cantidad de carbono del bosque y pastizal en Tambo-Palictahua, cantón Penipe, así como otros parámetros como densidad aparente (g/cm^3), humedad gravimétrica (%), materia orgánica (%), pH, N (ppm), P (ppm), K (meq/100g), Ca (meq/100g), Mg (meq/100g).

Se comparó el contenido de carbono entre el bosque y el pastizal obteniéndose que no se evidenció una variación significativa ($p > 0,05$) entre los suelos del bosque ($0,89 \pm 0,06$) y el pastizal ($0,82 \pm 0,14$), por tanto, se acepta la hipótesis nula, sin embargo, se observó que existe mayor cantidad de carbono en el bosque esto quizá se deba a la vegetación presente en el mismo (Actinidiaceae, Araliaceae, Asteraceae, Buxaceae, Lauraceae, Cunnoniaceae, entre otras especies: *Solanum venosum*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Vallea stipularis*, *Miconia bracteolata*, *Grosvenoria campii*, *Escallonia myrtilloides*).

Con la investigación realizada se propusieron las estrategias de conservación que vinculan a los principales actores del bosque, y que se proyecta en dar una solución para la conservación de los servicios ecosistémicos.

5.2 Recomendaciones

Generar una línea base y un plan de manejo para establecer áreas estratégicas para la conservación del bosque.

Tomar en cuenta la información para estudios de investigación que ayuden a mejorar la conservación del bosque.

Involucrar a las entidades gubernamentales para que a través de un estudio del bosque pueda ser considerado como área protegida.

Realizar la estimación de carbono en época de verano.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2021). *Emisiones de dióxido de carbono*. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-dioxido-de-carbono>

Armesto, A. (2021). Preocupación por el cambio climático, condiciones económicas individuales y priorización del medio ambiente en América Latina. *Opinión Pública*, 27(1). <https://doi.org/10.1590/1807-019120212711>

Arroyo-Cadena, D. (2018). *Establecimiento de un Banco de Semillas, del Bosque Palictahua, en la Provincia de Chimborazo, cantón Penipe, Sector Aguas Termales*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] DSpace. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10363/1/33T0198.pdf>

Barrezueta.Unda, S., Velepucha-Cuenca, K., Solano, M. y Hurtado-Flores, L. (2020). Secuestro de carbono orgánico del suelo en pastizales de la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 13(32), 14-26. <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/901/1002>

Briones, O., Flores-Martínez, A., Castellanos, A., Perroni, Y., Hernández-Guerrero, A. (2020). Población y servicios ecosistémicos, ciclo del carbono y políticas públicas en las zonas secas de México. *Programa Mexicano del Carbono*, 4(2). <http://www.elementospolib.org/ojs/index.php/epp/article/view/36/34>

Cabrera-Quezada, M., Segura-Chávez, E., Sinche-Chele, F., Maldonado-Ortiz, L. y Tierras-Mayorga, 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. *Ciencias ambientales*, 12(2). <https://doi.org/10.18779/cyt.v12i2.329>

Caranqui-Aldaz, J. (2014). *Avances en la diversidad y composición florística en los páramos y bosques de la provincia de Chimborazo*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] DSpace.

http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3496/1/Consolidado_Dcto_C_provincial.pdf

Caranqui-Aldaz, J. (2006). Composition and structure of a montane forest in Tambo Palictahua, Chimborazo. *Lyonia*, 9(1), 37.

<https://www.lyonia.org/downloadPDF-2.398.pdf?pdfID=2.398>

Carvajal-Aguledo, B. y Andrade-Castañeda, H. (2020). Captura de carbono en biomasa de uso del suelo, municipio de Yopal, Casanare, Colombia. *Orinoquia*, 24(1), 13-22.

<http://doi.org/10.22579/20112629.587>

Echeverría, A., Pachacama, R., Villaverde, Y. y Proaño, N. (2018). Cálculo de biomasa aérea y carbono capturado de la reserva Yanacocha a través de imágenes satelitales. *Revista Geoespacial*, 15(1), 33.

<https://doi.org/10.24133/geoespacial.v15i1.1264>

Estrada-Zuñiga, A., Cárdenas-Rodríguez, J., Ñaupari-Vásquez, J. y Zapana-Pari, J. (2018). Capacidad de carga de pastos de puna húmeda en un contexto de cambio climático. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3).

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S231329572018000300009&script=sci_arttext&tlng=pt

Gobierno Autónomo Descentralizado cantonal de Penipe. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial. Penipe, Chimborazo, Ecuador.* <https://bit.ly/3uA4txO>

- Jiménez-Torres, A. (2021). La diversidad mejora el almacenamiento de carbono en los bosques tropicales. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 5 (3), 316-323. <https://orcid.org/0000-0002-3877-1084>
- Laban, P., Metternicht, G. y Davies, J. (2018). Biodiversidad de suelos y carbono orgánico en suelos: cómo mantener vivas las tierras áridas. *Gland*, 8. <https://bit.ly/3N13dqO>
- Lozano-Sivisaca, D. (2018). Modelos alométricos para estimar el almacenamiento de carbono de bosques Montanos bajos en el sur del Ecuador. *Revista Ciencia Forestal*, 28 (3). <http://dx.doi.org/10.5902/1980509833464>
- Martínez, E., Fuentes, J., y Acevedo, E. (2018). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2018). *Programa Socio Bosque*. <https://www.ambiente.gob.ec/programa-socio-bosque/>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2020). *Nivel de Referencia de Emisiones Forestales por Deforestación del Ecuador Periodo 2001 – 2014*. <https://bit.ly/3qFmgIU>
- Muñoz-Tello, M. y Vásquez-Córdova, E. (2020). *Estimaciones del potencial de captura de carbono en los parques urbanos y emisiones de CO₂ vehicular en Cuenca*,

Ecuador. [Tesis de pregrado, Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. Uazuay.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18390/1/UPS-CT008694.pdf>

Ordóñez, J., Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Redalyc*, 7(1), 3. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf>

Orejuela, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícola*, 34(1), 82-96.
<http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.85>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Combatir el cambio climático con los pastizales*.
<https://www.fao.org/news/story/es/item/38943/icode/>

Palomares-Cruz, D. (2021). *Análisis del nutriente vegetal fósforo en los suelos amazónicos del departamento de Craquetá*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. UNAD. <https://bit.ly/3Nr2MLG>

Palacios-Orejuela, I., Castro-Benavides, B. y Rodríguez-Espinosa, F. (2019). Almacenamiento de carbono como servicio ambiental en tres reservas naturales del Ecuador. *Revista GEOESPACIAL*, 16(1), 1-14.
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/view/1275/937>

Perea-Ardila, M., Andrade-Castañeda, H. y Segura-Madrigal, M. (2021). Estimación de biomasa aérea y carbono con Teledetección en bosques alto-Andinos de Boyacá, Colombia. Estudio de caso: Santuario de Fauna y Flora Iguaque. *Revista*

<https://www.revistasipgh.org/index.php/rcar/article/view/821>

Poma, A. (2018). El papel de las emociones en la respuesta al cambio climático. *Inter disciplina*, 6(15). <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2018.15.63843>

Raj-Aryal, D., Gómez-Castro, H., Del Carmen-García, N., José-Ruíz, O., Molina-Paniagua, L., Jiménez-Trujillo, J., Venegas-Venegas, J., Pinto-Ruiz, R., Ley de Coss, A. y Guevara-Hernández, F. (2018). Potencial de almacenamiento de carbono en áreas forestales en un sistema ganadero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(48), 150-180. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n48/2007-1132-remcf-9-48-150.pdf>

Ramos-Hernández, E., y Martínez-Sánchez, J. (2020). *Almacenes de biomasa y carbono aéreo y radicular en pastizales de Urochloa decumbens y Paspalum notatum (Poaceae) en el sureste de México*. *Revista de Biología Tropical*, 68(2). <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v68n2/0034-7744-rbt-68-02-440.pdf>

Romero-Sánchez, M., Velasco-Bautista, E., Meza-Juárez, D. y Pérez-Miranda, R. (2022). Análisis y estimación del contenido de carbono en pastizales halófilos de la zona central semi-árida de México. *Revista TERRA Latinoamericana*, 40(2022), 1-14. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1007>

Romero-Salazar, F. (2006). *Determinación de la captura del carbono en dos sistemas de pastos mejorados en el distrito de San Silvestre de Cochán provincia de San Miguel - Cajamarca* [Tesis de Post Grado, Universidad Nacional de Cajamarca] UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1556>

Sadeghian-Khalajabad, S. y Arias-Suárez, E. (2018). Lixiviación del potasio en suelos de la zona cafetera y su relación con la textura. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 16(1), 34-42. <http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v16n1.632>

Sánchez-Mendoza, B., Flores-Villalva, S., Rodríguez-Hernández, E., Anaya-Escalera, A. y Contreras-Contreras, E. (2020). Causas y consecuencias del cambio climático en la producción pecuaria y salud animal. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(2). <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4742>

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de 2002. NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. 31 de diciembre de 2002. <https://bit.ly/3wIIZAb>

Solomon, S., Qin, D., Manning, M. (s.f.). *Resumen técnico del grupo intergubernamental de expertos sobre cambio climático*. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4-wg1-ts-sp.pdf>

Suárez-Duque, D., Acurio, C., Chimbolema, S. y Aguirre, X. (2016). Análisis del carbono secuestrado en humedales Altoandinos de dos áreas protegidas del Ecuador. *Ecología Aplicada*, 15(2), 171. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.756>

Toscano, P. y Berbey-Álvarez, A. (2020). Plan de desarrollo de una aplicación Web para el control y gestión de deforestación en el Ecuador – “Web-CONGESDEFO”. *Revista de I+D Tecnológico*, 16(2). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/339/3391369005/3391369005.pdf>

- Villalva-Cerdán, D. (2021). *Cambio climático en pastizales de montaña de la cuenca mediterránea: una revisión*. [Tesis de Pre Grado, Universidad Central de Catalunya] *RECERCAT*.
http://dspace.uvic.cat/bitstream/handle/10854/6650/trealu_a2021_villalba_david_cambio_climatico.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yaranga, R., Custodio, M., Chanamé, F. y Pantoja R. (2018). Diversidad florística según formación vegetal en la subcuenca del río Shullcas, Junín, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 9(4). <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.06>
- Zeman, C. (2018). El rol de los bosques en la lucha contra el cambio climático. *Revista del Cisen Tramas/Maepova*, 6(2), 123-138.
<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cisen/index>

5.4 ANEXOS

Figura 2

Área de muestreo



Figura 3

Cuadrante para la recolección de la muestra



Figura 4

Toma de muestras para el análisis



Figura 5

Almacenamiento, etiquetado de muestras



