



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**CAPTURA DE CARBONO COMO CRITERIO PARA LA
CONSERVACIÓN DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) EN
EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM-MFL**

AUTORES:

**GANCHOZO DÁVILA GEMA TATIANA
SOLÓRZANO ZAMBRANO ALEXANDER**

TUTOR:

ING. JOSÉ MIGUEL GILER MOLINA, M. Sc.

CALCETA, OCTUBRE 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Ganchozo Dávila Gema Tatiana, con cédula de ciudadanía N° 131594966-7 y Solórzano Zambrano Alexander con cédula de ciudadanía N° 131602493-2 expresamos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CAPTURA DE CARBONO COMO CRITERIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM-MFL**, es de nuestra autoría, que no ha sido antes presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autoras sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



GEMA TATIANA GANCHOZO DÁVILA

CC: 131594966-7



ALEXANDER SOLÓRZANO ZAMBRANO

CC: 131602493-2

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Ganchozo Dávila Gema Tatiana, con cédula de ciudadanía N° 131594966-7 y Solórzano Zambrano Alexander, con cédula de ciudadanía N° 131602493-2 autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **CAPTURA DE CARBONO COMO CRITERIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM-MFL**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



GEMA TATIANA GANCHOZO DÁVILA

CC: 131594966-7



ALEXANDER SOLÓRZANO ZAMBRANO

CC: 131602493-2

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

M. Sc., José Miguel Giler Molina, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CAPTURA DE CARBONO COMO CRITERIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM-MFL**, que ha sido desarrollado por Gema Tatiana Ganchozo Dávila y Alexander Solórzano Zambrano, previo a la obtención del título de Ingeniero ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. JOSÉ MIGUEL GILER MOLINA, M. Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO el trabajo de Integración Curricular titulado: **CAPTURA DE CARBONO COMO CRITERIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM-MFL** que ha sido desarrollado por Gema Tatiana Ganchozo Dávila y Alexander Solórzano Zambrano, previo a la obtención del título de Ingeniero ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

BLGA. MARÍA FERNANDA PINCAY, M.Sc.

C.C: 0921757282

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

ING. JONATHAN G. CHICAIZA, M.Sc.

C.C: 1312111923

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DRA. C. SILVIA L. MONTERO CEDEÑO

C.C: 1305358051

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la sabiduría, fortaleza y guiar nuestros pasos en momentos difíciles a lo largo de nuestra carrera, ya que si Él nada de esto fuera posible;

A nuestros padres, hermanos por su amor, apoyo incondicional y motivación día a día, ellos fueron quienes nos inspiraron a luchar por alcanzar nuestros sueños en cada etapa de nuestra vida, como muestra de ello el culminar la carrera universitaria;

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, por abrirnos las puertas de esta prestigiosa institución para crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad;

A nuestro tutor Ing. José Miguel Giler Molina por la paciencia, confianza, tiempo dedicado y ser nuestra guía durante la ejecución del trabajo de titulación;

A los apreciados docentes, quienes durante estos cinco años impartieron sus conocimientos siendo guías de acompañamiento para nuestra formación profesional;

A nuestros compañeros con quienes compartimos el aula

de clases teniendo apoyo unos a otros, motivándonos diariamente gracias por el aprecio y la amistad brindada.

LOS AUTORES

DEDICATORIA

A mí, por el esfuerzo, sacrificio, constancia, amor, responsabilidad, motivación día a día a no rendirme por los obstáculos que se me presentaron en el transcurso de mi carrera universitaria;

A nuestro Creador, por la oportunidad y ser mi dirección a lo largo de mi trayecto estudiantil;

A mi mamá y hermanas por su apoyo incondicional, moral y emocional que me dieron las fuerzas necesarias para seguir adelante y no decaer y poder cumplir con esta anhelada meta de convertirme en una profesional;

A mis familiares y amigos, por siempre confiar y creer en mí, por sus palabras de aliento.

GEMA TATIANA GANCHOZO DÁVILA

DEDICATORIA

A lo largo de mi trayectoria universitaria me pude dar cuenta de todo el apoyo brindado hacia mí, y gracias a eso he logrado llegar a la etapa final de este lindo trayecto, así mismo descubrí que por más que disfrute trabajar solo, cuando haces algo con la persona indicada o te dé su apoyo ya sea moral, con trabajo, económico o de cualquier forma siempre obtendrás un mejor resultado, por dichas razones quiero dedicar mi trabajo de investigación;

A Dios por permitirme culminar con éxito mi anhelada carrera y darme soporte y fortaleza en todo momento;

A mis padres Líder Solórzano Zambrano y Lenni Zambrano Loor, que son el pilar fundamental de mi vida por darme todo el apoyo necesario para esta fase de mi camino, que fue duro y difícil en algunos momentos, pero gracias a ellos he logrado presentar y disfrutar esta tesis;

A mis Hermanos Fabricio, Lester y Marlon quienes me han apoyado incondicionalmente en todo momento para lograr este propósito;

A mi compañera de tesis Tatiana Ganchozo, por ser mi compañera de estudio durante algunos años y por su apoyo en todo momento;

A todos mis amigos, compañeros de clase y demás personas que de alguna manera han contribuido en mi proceso académico y de este proyecto investigativo.

ALEXANDER SOLÓRZANO ZAMBRANO

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDOS DE TABLAS.....	xi
CONTENIDOS DE GRÁFICOS.....	xi
CONTENIDOS DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4. IDEA A DEFENDER	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. CAOBA (<i>Swietenia macrophylla</i> King).....	6
2.1.1. TAXONOMÍA DE LA CAOBA	6
2.1.2. GENERALIDADES DE LA CAOBA	6
2.1.3. IMPORTANCIA DE LA CAOBA.....	7
2.1.4. SITUACIÓN ACTUAL EN EL ECUADOR.....	7
2.1.5. ACUERDO MINISTERIAL N° 090 SOBRE LA VEDA DE CAOBA	8
2.2. CAPTURA DE CARBONO	8
2.3. BOSQUE	8
2.3.1. IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES	9
2.3.2. BOSQUES COMO DEPÓSITO DE CARBONO	9
2.3.3. PASOS A CONSIDERAR PARA LA MEDICIÓN DE CARBONO	10
2.4. MEDICIÓN FORESTAL.....	11
2.4.1. PARCELA.....	11

2.4.2. MUESTRA.....	11
2.4.3. MUESTREO	11
2.4.3.1. TIPOS DE MUESTREOS	12
2.5. MODELO ALOMÉTRICO NO DESTRUCTIVO PARA ESTIMAR CARBONO	12
2.5.1. ÁREA BASAL	13
2.5.2. VOLUMEN	13
2.5.3. BIOMASA FORESTAL	14
2.5.4. ESTIMACIÓN DE CARBONO	14
2.5.5. ESTIMACIÓN DEL CO ₂ ALMACENADO.....	15
2.5.6. ALTURA	15
2.6. CONSERVACIÓN DE BOSQUES TROPICALES	16
2.7. CRITERIOS DE CONSERVACIÓN	16
2.8. ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE LA CAOBA.....	17
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO	19
3.1. UBICACIÓN.....	19
3.2. DURACIÓN	20
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	20
3.3.1. MÉTODOS	20
3.3.2. TÉCNICAS	21
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	22
3.4.1. POBLACIÓN.....	22
3.4.2. MUESTRA.....	22
3.5. VARIABLES DE ESTUDIOS	22
3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	22
3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	22
3.6. PROCEDIMIENTOS	23
3.6.1. FASE 1. GEORREFERENCIACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE CAOBA PRESENTE EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM MFL	23
3.6.2. FASE 2. ESTIMACIÓN DE LOS NIVELES DE CAPTURA DE CARBONO EN LA BIOMASA DE LA CAOBA (<i>Swietenia macrophylla</i> King) EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM MFL	24
3.6.3. FASE 3. ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN PARA LA ESPECIE DE LA CAOBA (<i>Swietenia macrophylla</i> King)	27
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. FASE 1. GEORREFERENCIACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE CAOBA PRESENTE EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM MFL	29

4.2. FASE 2. ESTIMACIÓN DE LOS NIVELES DE CAPTURA DE CARBONO EN LA BIOMASA DE LA CAOBA (<i>Swietenia macrophylla</i> King) EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM-MFL	38
4.3. FASE 3. ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN PARA LA ESPECIE DE LA CAOBA (<i>Swietenia macrophylla</i> King)	45
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1. CONCLUSIONES.....	51
5.2. RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍAS	53
ANEXOS	67

CONTENIDOS DE TABLAS

Tabla 2.1. Clasificación taxonómica de la Caoba.	6
Tabla 2.2. Tipo dendrométricos del fuste según el factor de forma.	13
Tabla 3.1. Cuantificación de la caoba presente en el área de estudio.....	24
Tabla 3.2. Matriz de registro sobre los datos tomados en el área de estudio.	24
Tabla 3.3. Matriz de estrategias sobre la conservación de la caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> King).	27
Tabla 4.1. Cantidad de individuos de caoba por área del campus politécnico de la ESPAM MFL.	37
Tabla 4.2. Matriz de los resultados obtenidos por área del campus de la ESPAM MFL.	39
Tabla 4.3. Resultados totales de la estimación de carbono en el campus de la ESPAM MFL.	45
Tabla 4.4. Matriz de estrategias sobre la conservación de la caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> King).	47

CONTENIDOS DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Cantidad de individuos de caoba identificados por área del campus de la ESPAM MFL.	38
Gráfico 4.2. Relación promedio del DAP entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.	40
Gráfico 4.3. Altura promedio entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.	40
Gráfico 4.4. Área basal total entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.....	41
Gráfico 4.5. Volumen total entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.....	42
Gráfico 4.6. Biomasa forestal total entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.	43
Gráfico 4.7. Estimación de carbono total entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.	43
Gráfico 4.8. CO2 almacenado entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.....	44

CONTENIDOS DE FIGURAS

Figura 3.1. Campus Politécnico de la ESPAM MFL.	19
Figura 4.1. Mapa de las áreas del campus politécnico de la ESPAM MFL.	30
Figura 4.2. Mapa de los individuos de caoba identificados en el bosque politécnico.	32
Figura 4.3. Mapa de los individuos de caoba identificados en el área agroindustrial.	34
Figura 4.4. Mapa de los individuos de caoba identificados en CIIDEA.....	36

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo estimar la captura de carbono como criterio para la conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla*) en las áreas: agroindustrial, bosque y Ciudad de la Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario [CIIDEA] del campus politécnico de la ESPAM MFL. Se llevó a cabo una investigación de tipo cuantitativa no experimental, utilizando un muestreo total para cuantificar los individuos de caoba presentes, obteniendo en el área agroindustrial 161, bosque 257 y CIIDEA 1.239, con un total de 1.657 para el cálculo de la captación del carbono, con la información básica obtenida del diámetro y altura de cada uno de ellos se aplicó un modelo alométrico que toma en cuenta la estimación del área basal, volumen, biomasa forestal, estimación de carbono y carbono almacenado de dicha especie. Se determinó que el valor total del carbono almacenado en el área agroindustrial fue de 6,47 t/CO₂, bosque de 3205,37 t/CO₂ y en CIIDEA 1534,01 t/CO₂, lo cual refleja que el bosque es el área de estudio que captura más carbono, a causa del gran diámetro y altura de los individuos de caoba en la zona de estudio. Se plantearon estrategias de conservación para la mejora del conocimiento en cuanto a su conservación, uso y manejo adecuado. Se concluye que las plantaciones de caoba en el campus politécnico reflejan grandes cantidades de carbono capturado.

Palabras claves: biomasa forestal, modelo alométrico, bosques, conservación, estrategias

ABSTRACT

The objective of this research was to estimate carbon sequestration as a criterion for the conservation of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in the following areas: agroindustrial, forest and the City of Agricultural Research, Innovation and Development [CIIDEA] of the Polytechnic Campus at ESPAM MFL. A non-experimental quantitative research was carried out, using a total sampling to quantify the mahogany individuals present, obtaining in the agroindustrial area 161, forest 257 and CIIDEA 1.239, with a total of 1.657 for the calculation of carbon sequestration, with the basic information obtained from the diameter and height of each one of them, an allometric model was applied that takes into account the estimation of basal area, volume, forest biomass, carbon estimation and carbon stored of this species. It was determined that the total value of carbon stored in the agroindustrial area was 6,47 t/CO₂, forest 3205,37 t/CO₂ and in CIIDEA 1534,01 t/CO₂, which reflects that the forest is the study area that captures more carbon, due to the large diameter and height of the mahogany individuals in the study area. Conservation strategies were proposed to improve knowledge regarding its conservation, use and proper management. It is concluded that the mahogany plantations on the polytechnic campus reflect large amounts of captured carbon.

Keywords: forest biomass, allometric model, forests, conservation, strategies

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los estudios científicos realizados en Colombia sobre la captación de carbono (C) que se han proporcionado en las últimas décadas, junto al desarrollo y crecimiento económico de algunos países son pruebas evidentes de la acumulación de CO₂, de hecho, las actividades antropogénicas originan un incremento de CO₂ en la atmósfera mediante la quema de combustibles fósiles (Roa, 2020). López (2017) exterioriza que el CO₂ es una amenaza mundial debido a que es uno de los seis gases que se acumulan y que absorben la energía infrarroja del sol creando el denominado efecto invernadero, estos causan la destrucción en la atmósfera y como consecuencia, contribuyen al cambio climático donde cada vez se hace notorio sus efectos.

Las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) han aumentado desde la revolución industrial con el auge de los inventos para desarrollar actividades frecuentes a partir de máquinas que aportan eficacia y eficiencia en la elaboración de bienes y servicios (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático [IPCC], 2014). Según Galindo et al. (2022) en Latinoamérica las emisiones GEI representan 1% de la población total mundial, Brasil posee la mayor fuente de emisiones con un 52%, mientras que Ecuador representa el 2%, buscando disminuir en un 20,9% las emisiones GEI en sectores de energía, procesos industriales y agricultura (Ministerio del Ambiente [MAE], 2019).

En la provincia de Manabí sus ecosistemas son afectados considerablemente debido a las actividades ganaderas, agrícolas y tala incontrolada (Pazmiño y Pinargote, 2018). Asimismo, La Facultad Ciencias del Mar de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (2020) menciona que las actividades ganaderas emiten alrededor de 32,25 t de CO₂ anualmente donde Jama se encuentra en menor proporción (2.139,33 g) mientras que Chone es el cantón con más emisiones (413.001,45 g). Castillo (2018) manifiesta que la deforestación se ha transformado en una actividad forestal de mayor importancia,

debido a las elevadas tasas de pérdidas de bosques producidas por el cambio en el uso de suelo.

La caoba (*Swietenia macrophylla* King) es una especie maderable emblemática con mucha demanda en el mundo por su intensa explotación maderera, debido a la extracción selectiva en los últimos años ha sido considerada en peligro crítico de extinción, motivo por lo que desde el 2003 se incluyó en el Apéndice II de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (Ramírez et al., 2020).

Según García (2020) las áreas naturales protegidas, creadas y manejadas por universidades nacionales estatales, estableciendo zonas con fines de conservación, experimentales o educativas son relativamente pocas, destacando la fundación Ceiba con respecto a la reserva de Bosque Seco Lalo Loor que protege 180 ha de bosque seco tropical en la zona de Pedernales-Jama, asimismo, el Jardín Botánico de la UTM. Actualmente la ESPAM MFL está implementando un área natural protegida que promueva la conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla* King), con la participación directa de estudiantes y docentes.

En base a lo expuesto se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuánto influye la captura de carbono en la biomasa de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) como criterio para la conservación en el campus politécnico de la ESPAM MFL?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista ambiental, la mejor alternativa para disminuir los niveles de CO₂ es la función de sumideros que realizan los bosques, por lo cual, es una buena opción para la disminución y mitigación de los impactos negativos relacionados al cambio climático (Mejía, 2021). Los bosques cumplen una función primordial en lo que respecta al ciclo del agua, estos capturan, acumulan y liberan grandes cantidades de carbono debido a los procesos fotosintéticos (Dilas y Huamán, 2020). Por lo que, Yépes et al. (2015) asegura que existen estudios que demuestran que los bosques tropicales regulan la concentración de CO₂ en la atmósfera.

Patiño et al. (2018) afirman que, para mitigar el cambio climático está la ejecución de proyectos de mecanismos de desarrollo limpio (MDL) que contengan plantaciones forestales de caoba para que sea una iniciativa de bajo costo. En estos proyectos se pueden incorporar actividades como plantaciones protectoras o comerciales, sistemas agroforestales y los proyectos de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD⁺), los cuales se están desarrollando como alternativas de mitigación fundamentalmente en áreas de bosques (Romero, 2015). Sin embargo, al tener una alta variabilidad de especies forestales, se considera como alternativa prioritaria especies en peligro de extinción como la caoba.

La caoba es una especie de gran valor que ofrece múltiples beneficios como la regulación del ciclo del agua, producción de oxígeno y absorción de CO₂ (Tenorio, 2018). Tomando en consideración su alto valor económico a nivel global y en lo referente a la ecología de los bosques tropicales, la caoba (*Swietenia macrophylla* King), forma el centro de debate internacional en relación a su manejo y conservación (Navarro, 2015). El Apéndice II del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres ha incentivado a los esfuerzos de investigación de esta especie en los bosques naturales (Quintana, 2016).

La investigación se sustenta en el artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) en donde se declara de interés público la preservación del ambiente,

la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

La carrera de ingeniería Ambiental de la ESPAM MFL está desarrollando actualmente el programa de vinculación: «Área natural protegida y ecomuseo “Manuel Félix López” de la carrera de Ingeniería Ambiental: Escuela de educación ambiental para la sociedad y sistema educativo y laboratorio de campo para prácticas estudiantiles, tesis y trabajos de investigación para la ESPAM», teniendo entre una de sus metas ser un referente a nivel nacional e internacional en el área de conservación y uso sostenido de los recursos naturales, en respuesta a uno de sus objetivos específicos de contribuir desde los pilares académicos universitarios al desarrollo de la conservación de la biodiversidad del ecosistema de Costas y humedales, contribuyendo con un espacio generador de propuestas y respuestas ambientales a los problemas actuales de la sociedad.

El campus politécnico de la ESPAM MFL posee una población de individuos de caoba y por la importancia que esta tiene como servicio ambiental, se tomará como base fundamental para el desarrollo del presente trabajo de captación de carbono como criterio para la conservación de dicha especie, lo cual contribuirá también con una de las metas del área natural protegida “Manuel Félix López”.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la captura de carbono en la biomasa de la Caoba (*Swietenia macrophylla* King) como criterio para su conservación en el Campus Politécnico de la ESPAM MFL.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Georreferenciar los árboles de caoba (*Swietenia macrophylla* King) presente en el campus politécnico de la ESPAM MFL.

- Estimar los niveles de captura de carbono en la biomasa de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en el campus politécnico de la ESPAM MFL.
- Elaborar estrategias de conservación para la especie de la caoba (*Swietenia macrophylla* King).

1.4. IDEA A DEFENDER

La evaluación de captura de carbono en la biomasa de la Caoba (*Swietenia macrophylla* King) contribuirá como criterio para la conservación de esta especie presente en el Campus Politécnico de la ESPAM MFL.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. CAOBA (*Swietenia macrophylla* King)

La caoba es un árbol que mide más de 30 m con un diámetro de 1,5 m, sus hojas son pinnadas compuestas y su fuste es cubierto de una corteza áspera de color gris, es próspera en regiones de altas precipitaciones en climas tropicales secos con temperaturas entre 23 °C a 28 °C, es una especie maderable muy conocida a nivel mundial por su captación de carbono (Chinchilla et al., 2021). Además, es pionera longeva, prefiere suelos profundos y ricos en materia orgánica para su progreso óptimo pueden ser en suelos franco arenosos a arcillosos, fértiles, con drenaje interno y externo, pH entre 6,9 a 7,8 (Ruíz et al., 2020).

2.1.1. TAXONOMÍA DE LA CAOBA

Según Pajuelo (2021) la caoba tiene la siguiente clasificación taxonómica detallada en la tabla 2.1.:

Tabla 2.1. Clasificación taxonómica de la Caoba.

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Sapindales
Familia:	Meliaceae
Género:	<i>Swietenia</i>
Especie:	<i>Macrophylla</i>
Nombre científico:	<i>Swietenia macrophylla</i> King

Fuente: King (1886).

2.1.2. GENERALIDADES DE LA CAOBA

Es una especie originaria de la zona intertropical americana, el área de distribución natural inicia desde México hasta Bolivia. Habita en climas secos, húmedos o muy húmedos, donde las precipitaciones oscilan entre 1.000 y 2.500 mm (Franco et al., 2019). La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México [CONABIO] (2019) menciona que, debido a las cualidades de su madera, en los últimos tiempos la caoba ha sido sometida a un intenso aprovechamiento para su

comercio nacional e internacional, su manejo inadecuado, ha causado una drástica disminución de sus poblaciones.

2.1.3. IMPORTANCIA DE LA CAOBA

La caoba es un árbol que crece emergente en diversas variedades de condiciones climáticas y edáficas, tiene particularidades de mayores dimensiones en el DAP y altura por lo que obtiene mayor captación de carbono, asimismo, sujeta los porcentajes de CO₂ sin necesidad de utilizar presupuestos económicos durante su proceso de captación (Navarro, 2015). Según Churampi (2017) afirman que las plantaciones de *Swietenia macrophylla* poseen elevadas tasas de carbono acumulado en la biomasa de árboles adultos. Para Quintana (2016) la importancia radica en su belleza, alta durabilidad natural, estabilidad dimensional, grosor, altura, corresponde al grupo de especies arbóreas más conocidas del mundo por su captación de carbono lo que ha sido el patrón de comparación durante las últimas décadas.

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE] (2021) menciona que las plantaciones de los 100.000 árboles maderables de caoba, cedro, entre otros que se sembraron en los bosques de la Amazonía ecuatoriana ayudarán en la conservación y restauración del Ecuador ante la lucha contra el cambio climático siendo estas especies almacenadoras de grandes cantidades de CO₂.

2.1.4. SITUACIÓN ACTUAL EN EL ECUADOR

Actualmente, en Ecuador la caoba está catalogada en estado crítico de extinción, debido a su eminente índice de explotación y a su alta extracción sufrida durante la década de los 80 y 90 (Saavedra, 2021). La población más importante de árboles de caoba se encuentra en las provincias de Pastaza y Morona Santiago (Arroyo, 2018).

Según Castillo et al. (2022) menciona que la caoba se destaca por ser muy abundante en la provincia de Manabí y que debido a sus propiedades dasométricas es la que más captura carbono en los parques Rotonda y la Madre, además, señalan que el conocimiento generado de dicha especie es una herramienta beneficiosa para la

conservación y la implementación de nuevos espacios verdes. De igual forma, Ruperti et al. (2022) mencionan que en el arbolado de la Universidad Laica Eloy Alfaro entre las especies más representativas que fijan CO₂ se encuentran las de género *Swietenia macrophylla* por lo que es importante diseñar planes de gestión de áreas eficientes para su conservación.

2.1.5. ACUERDO MINISTERIAL N° 090 SOBRE LA VEDA DE CAOBA

El Acuerdo Ministerial N° 090 sobre la Veda de Caoba en su artículo 1 prohíbe el aprovechamiento y comercialización de esta especie, entró en vigencia a partir del 5 de octubre del año 2017 durante los próximos 10 años en todo el territorio ecuatoriano, la veda de la caoba se aplicará para las poblaciones existentes que se encuentren en bosque natural, regeneración forestal, árboles relictos y otras formaciones vegetales silvestres (Acuerdo Ministerial N° 090 sobre la Veda de Caoba, 2017). Esta iniciativa tiene como objetivo garantizar la conservación y el manejo de los recursos naturales en Ecuador, por lo que es el segundo país en establecer medidas de protección para las poblaciones de caoba (Ruíz, 2017).

2.2. CAPTURA DE CARBONO

Es un proceso donde el carbono es extraído de la atmósfera y acumulado mediante la fotosíntesis en los árboles, por lo que se considera una técnica para disminuir este gas en la atmósfera o imposibilitar que llegue a la misma (Muñoz y Vásquez, 2020). La captura de carbono por la caoba demuestra gran potencial como almacén de carbono en la biomasa siendo una estrategia para la mitigación al cambio climático, la cual debe ser potenciada por buenas prácticas ambientales como la reforestación, forestación, ampliación de la cubierta forestal, entre otros (Díaz, 2020).

2.3. BOSQUE

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2020) los bosques son recursos naturales que representan una alta complejidad ecosistémica con extensión de suelo poblada por árboles que ostentan

alturas superiores a 5 m y 10% de dosel. Los bosques acumulan carbono en las raíces, troncos, ramas y hojas de los árboles a medida que estos crecen. La acumulación de carbono es estimada como uno de los servicios ambientales más relevantes que ofrecen los bosques, ayudando a la mitigación de los efectos del cambio climático. Maquera (2017) indica que los bosques participan con el 90% del flujo anual de carbono de la atmósfera y de la superficie de la tierra.

2.3.1. IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES

De acuerdo con Retana et al. (2019) los bosques forman uno de los ecosistemas más importante en el planeta ya que facilitan múltiples beneficios al medio ambiente, fauna y sociedad. Entre los beneficios más destacados se encuentran:

- Obtención de oxígeno durante su existencia.
- Disminución de la contaminación del aire.
- Conservar y garantizar la fertilidad del suelo.
- Controlar la erosión.
- Reutilizamiento del agua y control de la humedad.
- Hábitat de la vida silvestre.

2.3.2. BOSQUES COMO DEPÓSITO DE CARBONO

A nivel mundial los bosques cubren el 31% de la superficie terrestre con un total de 4.000 millones de hectáreas (FAO, 2020), por lo que son considerados como un importante depósito de carbono, cuya permanencia en el medio depende de que no se presenten fenómenos naturales y antropogénicos (Torres et al., 2017). Para Norman y Kreye (2022) los árboles son la mejor tecnología para la retención de carbono en el mundo ya que estos capturan y almacenan grandes cantidades a diferentes velocidades dependiendo de las edades de los árboles.

En las áreas amazónicas del Ecuador se almacenan 708 millones de toneladas de carbono (Palacios et al., 2019). Según el MAE (2018) en el Ecuador existe el programa de protección de bosques denominado Socio Bosque con el objetivo de conservar y proteger los bosques nativos y páramos, a través de ayuda de campesinos y comunidades indígenas que se comprometan voluntariamente mediante incentivos económicos.

2.3.3. PASOS A CONSIDERAR PARA LA MEDICIÓN DE CARBONO

De acuerdo a Pazmiño y Pinargote (2018) para la medición de carbono se debe considerar lo siguiente:

- Ejecutar estrategia en el área de estudio, según el tipo de bosque.
- Establecer distancia entre los transectos según los puntos de muestreos, donde su tamaño mínimo se calcula por estrato, estableciendo puntos de manera sistemática o aleatoria.
- Determinar transectos para mediciones de almacenamiento de carbono en los diversos comportamientos de biomasa del bosque seleccionado.
- Aplicar ecuaciones alométricas con los datos básicos de los árboles según el método que se haya elegido.

2.4. MEDICIÓN FORESTAL

De acuerdo con Vásconez y Sevilla (2018) la medición forestal o también llamada dasometría comprende la evaluación de los volúmenes y aumento de las masas forestales sin dejar de lado la edad y el incremento de árboles individuales, la cuantificación de estos recursos forestales ayuda en la toma de decisiones con respecto al uso del suelo y planes de manejo forestal. Según Reyes et al. (2022) mencionan que este método es muy utilizado para su correcta gestión y ordenación de los datos de un bosque.

2.4.1. PARCELA

Las parcelas de muestreo son un instrumento en la indagación de la dinámica de los bosques, capacitación y extensión permitiendo el comportamiento de la flora que se utiliza para optimizar, construir o actualizar cálculos con relación a los bosques en su estado natural el cual permite analizar y decidir en una situación particular (Raffo et al., 2019). Asimismo, Vela (2019) señala que es una forma de monitoreo que indica la viabilidad del manejo sostenible de los bosques naturales.

2.4.2. MUESTRA

Según Gómez (2021) la muestra es una parte representativa de la población, esta debe ser característica y representativa que muestre las diferencias y semejanzas que existen dentro de la población que son importantes para la investigación. López y Fachelli (2017) mencionan que es seleccionada de manera aleatoria y que se somete a una observación científica con el objetivo de lograr resultados válidos para la población total del estudio.

2.4.3. MUESTREO

El muestreo es una técnica que se emplea para la elección de individuos (mecanismos de investigación) que representan la población en general que conforman una muestra y que será de utilidad para la continuidad de una investigación (Espinoza, 2016).

Además, Otzen y Manterola (2017) señalan que tiene como objetivo conocer las relaciones existentes de una variable en una población y la distribución de dicha variable en la muestra de estudio.

2.4.3.1. TIPOS DE MUESTREOS

Según Salvado (2016) si el muestreo es representativo disminuirá el error, además menciona los tipos de muestreos siguientes:

- **Probabilístico:** para este tipo de muestreo es necesario que cada elemento que es escogido de la población posea de forma igualitaria la probabilidad de ser escogidos.
- **No probabilístico:** en el muestreo no probabilístico el encargado de la investigación escoge los elementos según en un juicio subjetivo y son llevados a cabo mediante técnicas de observación.

2.5. MODELO ALOMÉTRICO NO DESTRUCTIVO PARA ESTIMAR CARBONO

El modelo alométrico no destructivo son ecuaciones matemáticas que permiten el cálculo de biomasa, volumen, estimación de carbono y CO₂ almacenado en sistemas forestales y agroforestales, con parámetros de fácil medición como diámetro y altura del pecho (DAP) y la altura total (Sáenz et al., 2021). Según Oyos (2019) para la construcción de este modelo se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Identificación de los individuos a muestrear.
- Selección del área de estudio y de las especies.
- Evaluación del tamaño de la muestra.

2.5.1. ÁREA BASAL

Denominado área de la sección transversal, cada árbol es medido a 1,30 m de altura de pecho (DAP) y se expresa en área basal metro cuadrados por unidad de área (Rodríguez et al., 2020). Para calcular el área basal se utiliza la siguiente ecuación 2.1:

$$AB = \frac{\pi}{4} * DAP^2 \quad [2.1]$$

Donde:

AB =Área basal (m²)

$\frac{\pi}{4}$ = Constante (0,7854)

DAP = Diámetro altura de pecho (m)

2.5.2. VOLUMEN

Según Gallegos (2019) el volumen hace referencia a la capacidad de un espacio total el cual se expresa en metros cúbicos. Para conocer el volumen de un árbol con exactitud se utiliza el método de cubicación, donde se debe tomar en cuenta la forma general de un árbol y los diferentes tipos dendrométricos detallados en la Tabla 2.2.:

Tabla 2.2. Tipo dendrométricos del fuste según el factor de forma.

TIPO DENDROMÉTRICO DEL FUSTE	FACTOR DE FORMA
Cilíndrico	$f \geq 0,75$
Paraboloide	$0,74 \geq f \geq 0,4$
Cono	$0,39 \geq f \geq 0,27$
Neiloide	$f < 0,38$

Fuente: Gallegos (2019).

La ecuación 2.2 describe cómo calcular el volumen:

$$V = AB * H * ff \quad [2.2]$$

Donde:

V = Volumen (m³)

AB =Área basal (m^2)

H = Altura total del árbol (m)

ff =Factor de forma de fuste (0,50)

2.5.3. BIOMASA FORESTAL

Para Castillo (2018) la biomasa forestal se refiere a la materia orgánica presente en un ecosistema forestal localizada por encima o por debajo del suelo, asimismo, es un elemento importante en estudios de los cambios que se presentan a nivel mundial debido a su efecto atenuador que los bosques y sistemas poseen. Para calcular la biomasa forestal se utiliza la siguiente ecuación 2.3:

$$Bf = Volumen * GE * FEBa \quad [2.3]$$

Donde:

Bf =Biomasa forestal (t/ha)

GE = Densidad de madera t/m^3 (0,50)

$FEBa$ =Factor de expansión forestal (1,20)

2.5.4. ESTIMACIÓN DE CARBONO

De acuerdo con Cedeño y Loor (2018) la estimación de carbono en un bosque es de gran importancia ya que representa la cantidad potencial de carbono que puede ser conservado o fijado en una superficie. Para estimar el carbono se utiliza la ecuación 2.4., con fracción de 0,5 debido a que la biomasa vegetal de un árbol contiene el 50% de carbono almacenado como lo señala Grefa y Licuy (2020) para obtener el valor en t/ha.

$$C = B * Fc \quad [2.4]$$

Donde:

C = Carbono (t/ha)

B = Biomasa (t/ha)

F_c =Fracción de carbono (0,50)

2.5.5. ESTIMACIÓN DEL CO₂ ALMACENADO

Según Patiño et al. (2018) indica que el CO₂ almacenado de los bosques aumenta conforme crece la edad de estos. Para calcular el CO₂ se aplica la siguiente ecuación 2.5:

$$CO_2 = C * 3,67 \text{ [2.5]}$$

Donde:

CO_2 = Cantidad de CO₂ capturado (t/CO₂)

C = Carbono (t/ha)

3,67 = Fracción para convertir carbono (t/CO₂)

2.5.6. ALTURA

De acuerdo con Morales y Vásquez (2019) la altura de un árbol es la longitud de línea recta que une el nivel del suelo con los diversos extractos que la conforman. Para las mediciones de la altura se recomienda lo siguiente:

- Usar varas graduadas que se ubican contra el árbol, sólo es posible para alturas de 10 m.
- Utilizar equipos tecnológicos para las mediciones de altura de los árboles.

2.6. CONSERVACIÓN DE BOSQUES TROPICALES

A nivel mundial cerca de mil millones de hectáreas del mundo están cubiertas por bosques tropicales, mayormente representado en América del Sur, África y el Sudeste Asiático, siendo estos de mucha importancia para el clima global ya que son estabilizadores, mantienen el ciclo del agua y reducen la erosión del suelo (Sánchez, 2022). Para Jiménez (2021) los bosques tropicales proporcionan hábitats a muchas especies y medios de subsistencia para los seres humanos, asimismo, brindan protección a las cuencas hídricas, además, son considerados como un importante depósito de carbono, cuya duración en el ecosistema depende de medidas de que no se manifiesten fenómenos naturales y antrópicos, por lo que es vital iniciar estrategias para su conservación y manejo.

El Ministerio del Ambiente de Ecuador promueve la conservación y preservación de los ecosistemas con la finalidad de mejorar las condiciones sociales y ambientales a través de un aprovechamiento sostenible. En Ecuador, los bosques tropicales se sitúan en Esmeraldas, Santo Domingo y en la región amazónica, presentan numerosos beneficios como la absorción de dióxido de carbono entre otros bienes y servicios (MAE, 2017). Según Cantos et al. (2015) mencionan que son muchos los esfuerzos para proteger los bosques tropicales, sin embargo, las comunidades que residen en estas zonas ocasionan alteraciones al medio ambiente, aunque su prioridad no sea la explotación de algún producto, debido a esto se llevan a cabo estudios de ecosistemas boscosos por parte de la Universidad Técnica de Manabí y Universidad de Pinar del Río que realizan inventarios de diversos sectores.

2.7. CRITERIOS DE CONSERVACIÓN

Los criterios de conservación de gestión forestal sostenible son aquellos elementos de evaluación y control determinados internacionalmente por algunos países para valorar su contribución y sostenibilidad del bosque (Pérez et al., 2021). Cantero (2015) menciona que para lograr un buen manejo de los aspectos ambientales, sociales y económicos se deben considerar los siguientes criterios:

- **Criterio 1:** Mantenimiento y conservación de la contribución a los ciclos globales del carbono.
- **Criterio 2:** Mantenimiento de la sanidad y vitalidad de los medios forestales.
- **Criterio 3:** Mantenimiento y conservación de las funciones productivas de los bosques.
- **Criterio 4:** Mantenimiento y conservación de la diversidad biológica.
- **Criterio 5:** Mantenimiento y conservación de los recursos del suelo y agua.
- **Criterio 6:** Mantenimiento de las funciones y condiciones socioeconómicas.

2.8. ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE LA CAOBA

En la actualidad existen diferentes estrategias de conservación en los trópicos con el fin de disminuir la deforestación, salvaguardar la biodiversidad y atenuar el calentamiento global. Sin embargo, la cobertura forestal natural se está reduciendo notablemente debido a las actividades productivas agrícolas y, además, al incremento poblacional (Estudillo, 2022). Según Maciel et al. (2015) es fundamental implementar una base de datos que permita evaluar, valorar y conocer el área de distribución de las especies ya que permitirá llevar un mejor control y seguimiento de las especies presente en el área, asimismo, Franco et al. (2019) establecen las siguientes estrategias de conservación:

- Incorporar y aplicar criterios de conservación que contribuyan a controlar la deforestación, a través de métodos de monitoreo de la cobertura vegetal estandarizados.
- Impulsar programas de capacitación y formación ambiental basados en temas de ciencia, tecnología, aspectos de uso sostenible de los recursos naturales, manejo y conservación de la biodiversidad.

- Impulsar programas académicos en educación ambiental sobre la flora establecidos en la red de educadores.

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en las áreas: agroindustrial, bosque y CIIDEA del campus politécnico de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López “ESPAM MFL”. Ubicada en el sitio El Limón, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, situado geográficamente entre las coordenadas: latitud sur 0° 49' 27"; longitud oeste 80° 10' 47,2" y altitud 15 msnm.

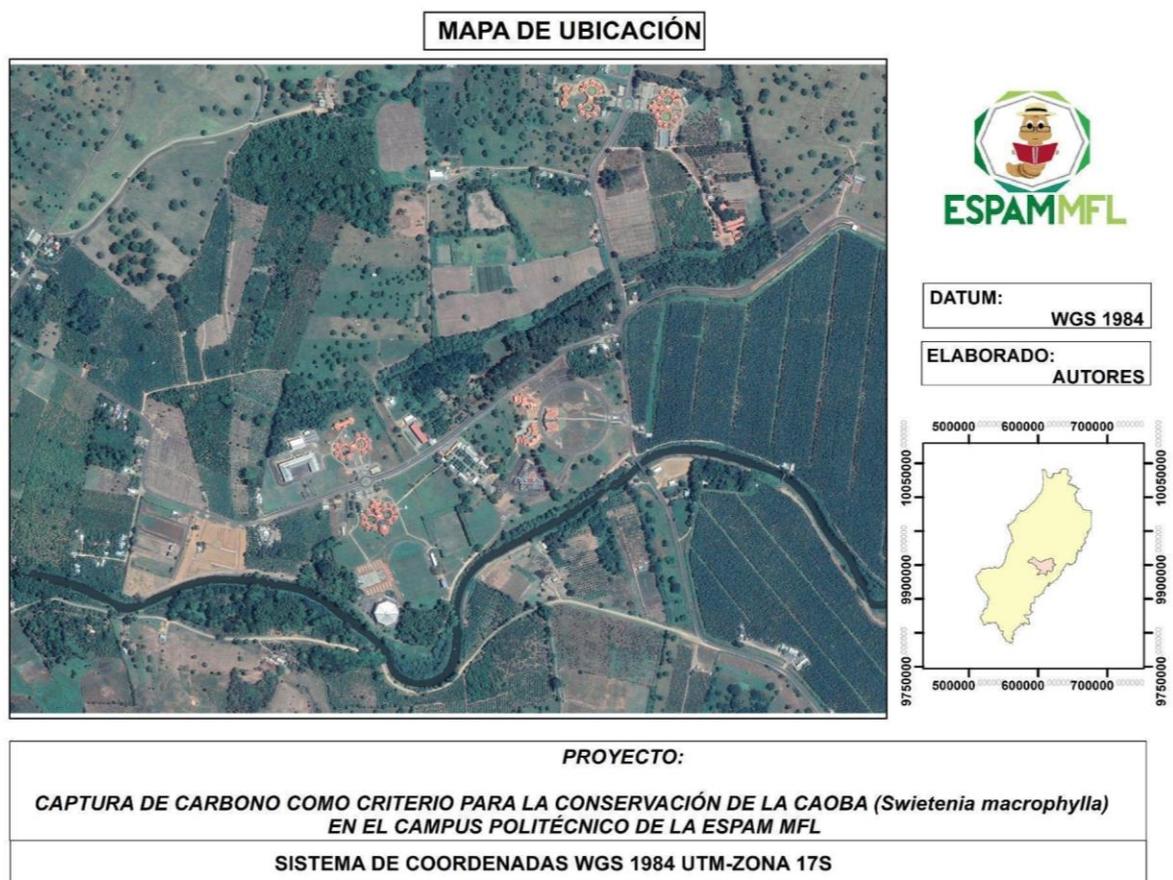


Figura 3.1. Campus Politécnico de la ESPAM MFL.

Fuente: Google Maps (2022).

3.2. DURACIÓN

La presente investigación se desarrolló desde enero hasta septiembre de 2022, con una duración de nueve meses comprendidos para su ejecución.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

La investigación fue de tipo cuantitativa no experimental.

3.3.1. MÉTODOS

Los métodos que se utilizaron en la presente investigación fueron el analítico-sintético, bibliográfico y estadístico, los cuales permitieron lograr los objetivos planteados en la investigación para dar solución a la problemática en estudio.

3.3.1.1. MÉTODO ANALÍTICO - SINTÉTICO

El método analítico-sintético se utilizó para analizar y describir de manera resumida y precisa cada uno de los resultados obtenidos en la estimación del área basal, volumen, biomasa forestal, estimación de carbono y CO₂ almacenado en los árboles de caoba y para obtener las conclusiones de la presente investigación, tomando en cuenta la apreciación de Rodríguez y Pérez (2017) que mencionan que, el método analítico-sintético estudia los procesos intelectuales de la descomposición del objeto de estudio que operan en unidad partiendo del comportamiento de cada parte (análisis) para luego integrarse de manera holística e integral (síntesis).

3.3.1.2. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO

En la investigación este método se utilizó para la búsqueda de los fundamentos teóricos de mayor relevancia sobre la captura de carbono, además las generalidades de la caoba, estrategias de conservación de la caoba, entre otras definiciones a partir de fuentes bibliográficas confiables, asimismo, sirvió de base para establecer la metodología, discusión y análisis de los resultados, de la misma manera tomando en cuenta el enfoque de Landín y Sánchez (2019) que nos menciona que el método

bibliográfico utiliza información determinada por diferentes autores con la finalidad de referenciar ideas importantes en la investigación mediante herramientas como revistas científicas, libros, tesis o documentos de sitios web.

3.3.1.3. MÉTODO ESTADÍSTICO

Según Salas (2018) el método estadístico se utiliza para recolectar, organizar, resumir, presentar y analizar datos cualitativos y cuantitativos de la investigación, tomando en cuenta el planteamiento expuesto anteriormente, el método estadístico se aplicó para la obtención, representación, tabulación de datos, análisis e interpretación de los resultados del área basal, volumen, biomasa forestal, carbono almacenado en árboles de caoba con los datos que se obtuvieron en el trabajo de campo y además para lograr conclusiones válidas.

3.3.2. TÉCNICAS

Las principales técnicas que se utilizaron en la investigación fueron la observación directa y la georreferenciación.

3.3.2.1. OBSERVACIÓN DIRECTA

Según Fabbri (2020) mencionan que esta técnica permite medir las características de los elementos a investigar y es vital para el reconocimiento de los casos o individuos donde se produce el problema en el cual se considerarán imágenes, datos estadísticos, entre otros. En la investigación esta técnica se utilizó al momento de realizar el recorrido por el área de estudio, para identificar los árboles de caoba, para ello, se utilizó una ficha (Anexo 1) que permitió registrar los individuos observados de manera ordenada para su posterior análisis e interpretación.

3.3.2.2. GEORREFERENCIACIÓN

En la investigación la georreferenciación fue una técnica fundamental que nos permitió ubicar cada individuo de caoba en un punto específico para posteriormente realizar la elaboración de los mapas en los que fueron representadas las poblaciones de caoba en cada área del campus politécnico, el GPS fue uno de los equipos primordiales, ya

que proporcionó información geográfica para crear los polígonos de las áreas de la ESPAM MFL y como se mencionó anteriormente las coordenadas de cada árbol de caoba presente en las zonas de estudio, concuerda con Álvarez y Conesa (2018) que nos menciona que la georreferenciación determina la posición de un elemento con respecto a la tierra utilizando un sistema de coordenadas y un DATUM determinado.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. POBLACIÓN

La población con la que se trabajó en esta investigación está compuesta por el total de individuos de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) presente en el campus politécnico de la ESPAM MFL que corresponde a un total de 1.657 árboles de caoba.

3.4.2. MUESTRA

La muestra es la parte representativa de una población (Pazmiño y Pinargote, 2018). En la investigación la muestra de estudio estuvo conformada por el total de árboles de caoba (*Swietenia macrophylla* King) presente en el campus politécnico de la ESPAM MFL, tomando en cuenta que no existe alguna línea base de la especie a investigar dentro de la institución, para que pueda ser aprovechada como apoyo de futuras investigaciones.

3.5. VARIABLES DE ESTUDIOS

3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla* King).

3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Captura de carbono en la biomasa.

3.6. PROCEDIMIENTOS

3.6.1. FASE 1. GEORREFERENCIACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE CAOBA PRESENTE EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM MFL

Actividad 1.1. Elaboración de mapas de ubicación de los árboles de Caoba presentes en el campus politécnico de la ESPAM MFL

Para llevar a cabo esta actividad se realizó el reconocimiento del área de estudio, identificando la extensión geográfica del campus de la ESPAM MFL, para determinar los puntos de toda el área a ser estudiada, se realizó la georreferenciación por medio del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) modelo GARMIN eTrex 10. Para obtener las coordenadas de cada árbol de caoba se estabilizó el GPS durante 5 minutos, se ubicó a la altura de 1,5 m y se lo mantuvo estático junto al tronco del árbol, además, se consideró las condiciones climáticas como nubosidad, humedad y vientos para la obtención de resultados precisos.

El mapa de ubicación se elaboró mediante la utilización de los shapefiles y se digitalizó la información obtenida en capa mediante un software, del cual se impartió información en forma de puntos georreferenciados espacialmente en el sistema de coordenadas proyectadas UTM con Datum WGS 1984 en la zona geográfica 17S. Se delimitó el área a través de un polígono con las coordenadas obtenidas, generando representaciones cartográficas de la ubicación global de las áreas en estudio.

Posteriormente, se asignaron los puntos con datos, a través de tablas de atributos donde se detalló la información de cada área dentro del mapa.

Actividad 1.2. Cuantificación de la Caoba presente en el campus politécnico de la ESPAM MFL

Para cuantificar los individuos de la especie de caoba (*Swietenia macrophylla* King) se realizó un recorrido por el área, en el cual mediante la observación e identificación de especies se obtuvo información necesaria para la investigación. Para georreferenciar las especies presentes en el Campus de la ESPAM MFL se identificó cada uno con

una cinta. Los datos fueron tabulados en una ficha elaborada en el programa Microsoft Excel (Tabla 3.1.):

Tabla 3.1. Cuantificación de la caoba presente en el área de estudio

Áreas	Ni (número de individuos)

Fuente: Elaborado por autores.

3.6.2. FASE 2. ESTIMACIÓN DE LOS NIVELES DE CAPTURA DE CARBONO EN LA BIOMASA DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM MFL

Actividad 2.1. Aplicación del diseño de la muestra para estimar los niveles de captura de carbono

La muestra que se utilizó en la investigación es el total de los árboles de caoba presentes en el campus politécnico de la ESPAM MFL. Para la medición de los árboles se tomó el DAP a 1,30 m (Rodríguez et al., 2020), para la altura se utilizó la aplicación Smart Measure, la matriz de registro que se utilizó se puntualiza en la (Tabla 3.2.):

Tabla 3.2. Matriz de registro sobre los datos tomados en el área de estudio.

Datos dendrométricos			Coordenadas	
N°	DAP (m)	Altura (m)	X	Y

Fuente: Rodríguez et al. (2020).

Actividad 2.2. Determinación del contenido de carbono en la biomasa en el campus politécnico de la ESPAM MFL

Según Torres et al. (2017) indica que para determinar el área basal, volumen, biomasa forestal, carbono y CO₂ almacenado en árboles de caoba, se aplica un modelo

alométrico con el método no destructivo, sumando los datos dasométricos obtenidos de cada árbol. Para el cálculo se utilizaron las siguientes ecuaciones:

- **Estimación del área basal**

Para la evaluación del área basal se empleó la siguiente ecuación 3.1:

$$AB = \frac{\pi}{4} * DAP^2 \quad [3.1]$$

Donde:

AB = Área basal (m^2)

$\frac{\pi}{4}$ = Constante (0,7854)

DAP = Diámetro altura de pecho (m)

- **Estimación del volumen**

Para el cálculo del volumen se utilizó la siguiente ecuación 3.2:

$$V = AB * H * ff \quad [3.2]$$

Donde:

V = Volumen (m^3)

AB = Área basal (m^2)

H = Altura total del árbol (m)

ff = Factor de forma de fuste (0,50)

- **Estimación de la biomasa forestal**

Para el cálculo de la biomasa forestal se utilizó la siguiente ecuación 3.3:

$$Bf = Volumen * GE * FEBa \quad [3.3]$$

Donde:

Bf =Biomasa forestal (t/ha)

GE = Densidad de madera t/m³ (0,50)

$FEBa$ =Factor de expansión forestal (1,20)

- **Estimación del carbono en los árboles de caoba**

El cálculo fue en base a los datos de la biomasa forestal del área y se utilizó la fracción de 0,5 de la siguiente ecuación 3.4.

$$C = B * Fc \quad [3.4]$$

Donde:

C = Carbono (t/ha)

B = Biomasa (t/ha)

Fc =Fracción de carbono (0,50)

Estimación del CO₂ almacenado en los árboles de caoba

Para el cálculo del CO₂ almacenado en los árboles de caoba se aplicó la siguiente ecuación 3.5:

$$CO_2 = C * 3,67 \quad [3.5]$$

Donde:

CO_2 = Cantidad de CO₂ capturado (t/CO₂)

C = Carbono (t/ha)

3,67 = Fracción para convertir carbono (t/CO₂)

3.6.3. FASE 3. ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN PARA LA ESPECIE DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King)

Actividad 3.1. Establecer estrategias en base a criterios de conservación

Tomando en consideración el Acuerdo ministerial N° 090 para la veda de la especie caoba (*Swietenia macrophylla* King), se elaboraron estrategias de conservación a partir de los resultados de la evaluación de captura de carbono, por lo cual, para elaborar la matriz se tomó como referencia lo mencionado por el Sistema Europeo de Indicadores Turísticos (2016) (Tabla 3.3.). Cantero (2015) menciona que existen 6 criterios de conservación de estos 3 se utilizaron en la matriz de acuerdo a la necesidad de la investigación: mantenimiento y conservación de la contribución a los ciclos globales del carbono, mantenimiento de la sanidad y vitalidad de los medios forestales y conservación de la diversidad biológica.

Tabla 3.3. Matriz de estrategias sobre la conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla* King).

Criterios	Estrategias	Acción	Duración	Forma de monitoreo

Fuente: Sistema Europeo de Indicadores Turísticos (2016).

Actividad 3.2. Valoración de expertos

Según Guilabert (2021) indica que para realizar una valoración de expertos se utiliza la metodología Delphi que se basa en un procedimiento de predicción de carácter cualitativo incluyendo profesionales expertos en un determinado tema. En esta actividad, se planteó una matriz con criterios y estrategias para la conservación de la caoba, en una primera fase de participación, posteriormente se les envió un cuestionario a través de un formulario en Google forms con preguntas precisas y cuantificables (Anexo 4) a 4 expertos del tema, para obtener su calificación e invitar a los expertos a opinar libremente, en una siguiente fase se procedió al análisis de los

datos recibidos, para luego proceder a modificar la matriz de estrategias, acatando las propuestas y sugerencias de los expertos que fueron considerados para esta actividad.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de cada una de las fases desarrolladas en el proceso de la investigación como se planteó en el apartado anterior.

4.1. FASE 1. GEORREFERENCIACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE CAOBA PRESENTE EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM MFL

4.1.1. Elaboración de mapa de ubicación de los árboles de Caoba presentes en el campus politécnico de la ESPAM MFL

En base a los recorridos efectuados, se georreferenciaron las 3 áreas del campus politécnico de la ESPAM MFL. Se realizó la delimitación del área estudiada. Para la ilustración del mapa de ubicación se utilizó el software de procesamiento geoespacial con Datum WGS 1984 en la zona geográfica 17S en el cual se estableció puntos en el mapa referente a los individuos de caoba identificados por cada área como se muestra en la figura 4.1.

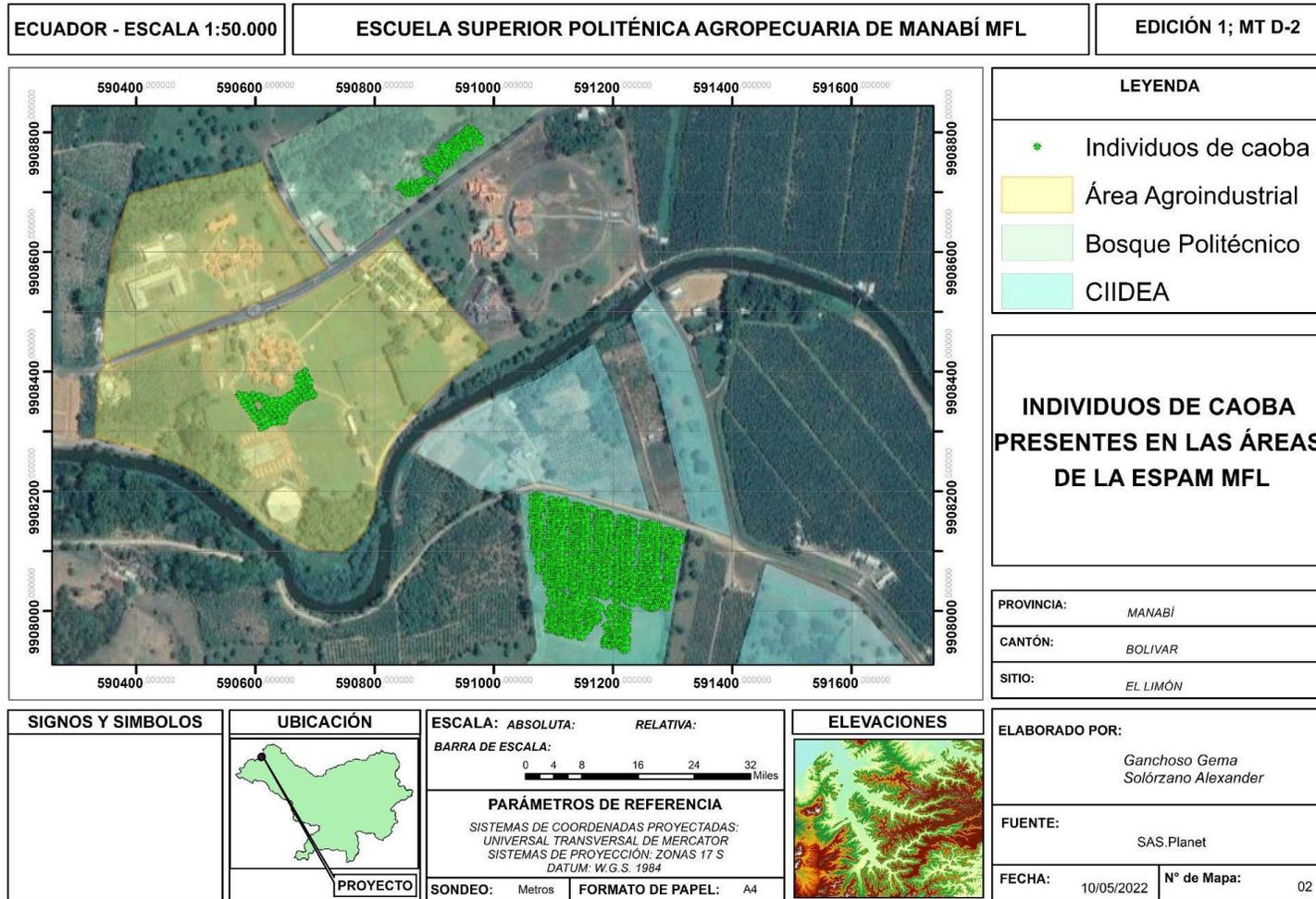


Figura 4.1. Mapa de las áreas del campus politécnico de la ESPAM MFL.
Fuente: SAS Planet (2022).

En la figura 4.2., se muestran los individuos de caoba identificados en el bosque politécnico con una superficie ocupada de 8,99 ha. En el área de estudio prevalece el suelo franco con textura media y niveles de materia orgánica alto (Montesdeoca, 2016), existen 257 árboles de caoba los cuales están sembrados en linderos con un distanciamiento de 5 x 5 m, además se encuentran intercalados con otras especies maderables como teca y pechiche, su tiempo de plantación es de 34 años.

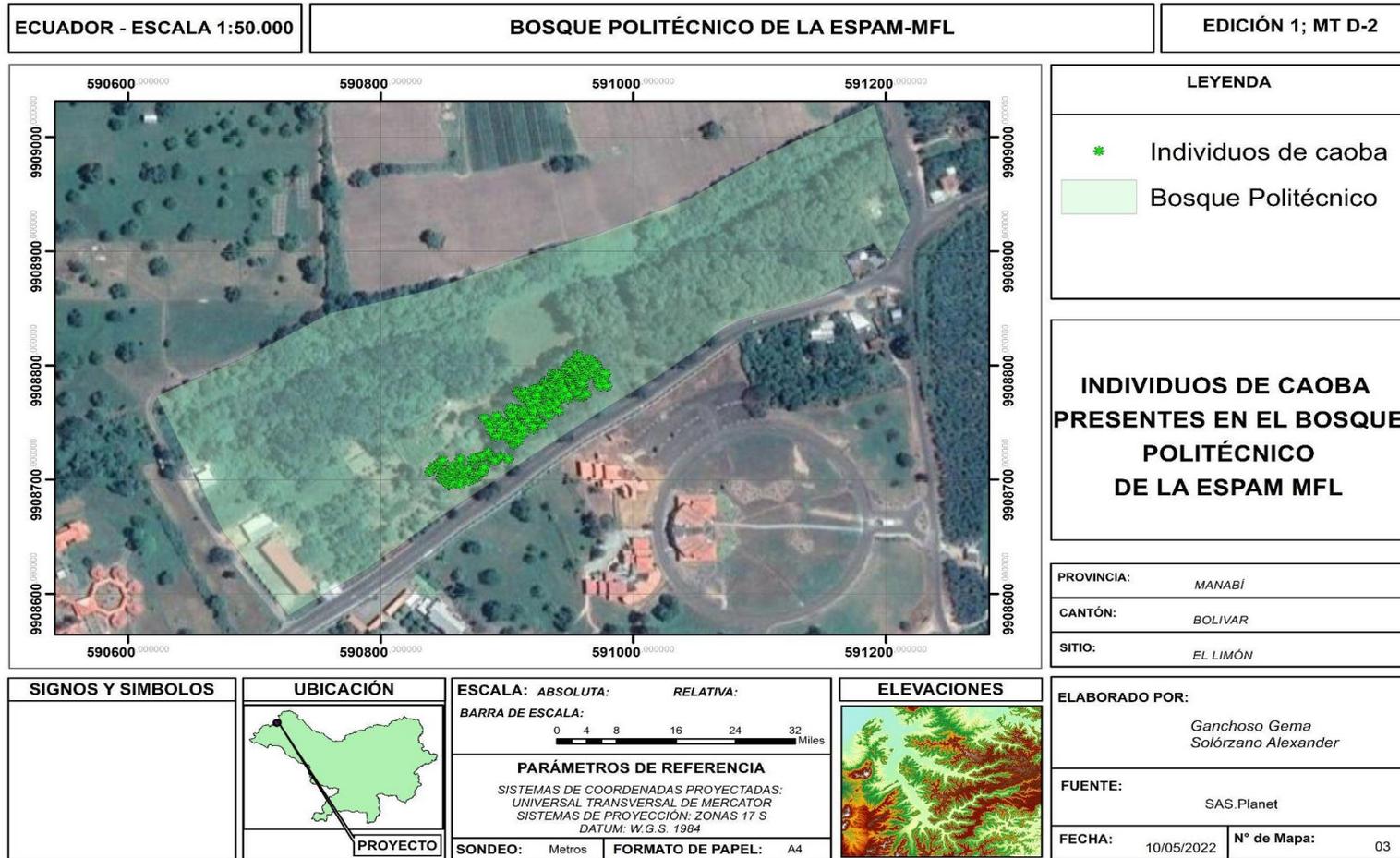


Figura 4.2. Mapa de los individuos de caoba identificados en el bosque politécnico.
Fuente: SAS Planet (2022)

Con respecto a la figura 4.3., se observa los individuos de caoba identificados en el área agroindustrial con una superficie ocupada de 19,96 ha, el tipo de suelo que posee se define como franco con textura media (Montesdeoca, 2016), en el área de estudio hay 161 árboles de caoba sembrados en linderos con un distanciamiento de 5 x 5 m, tiene aproximadamente 1 año de plantación.

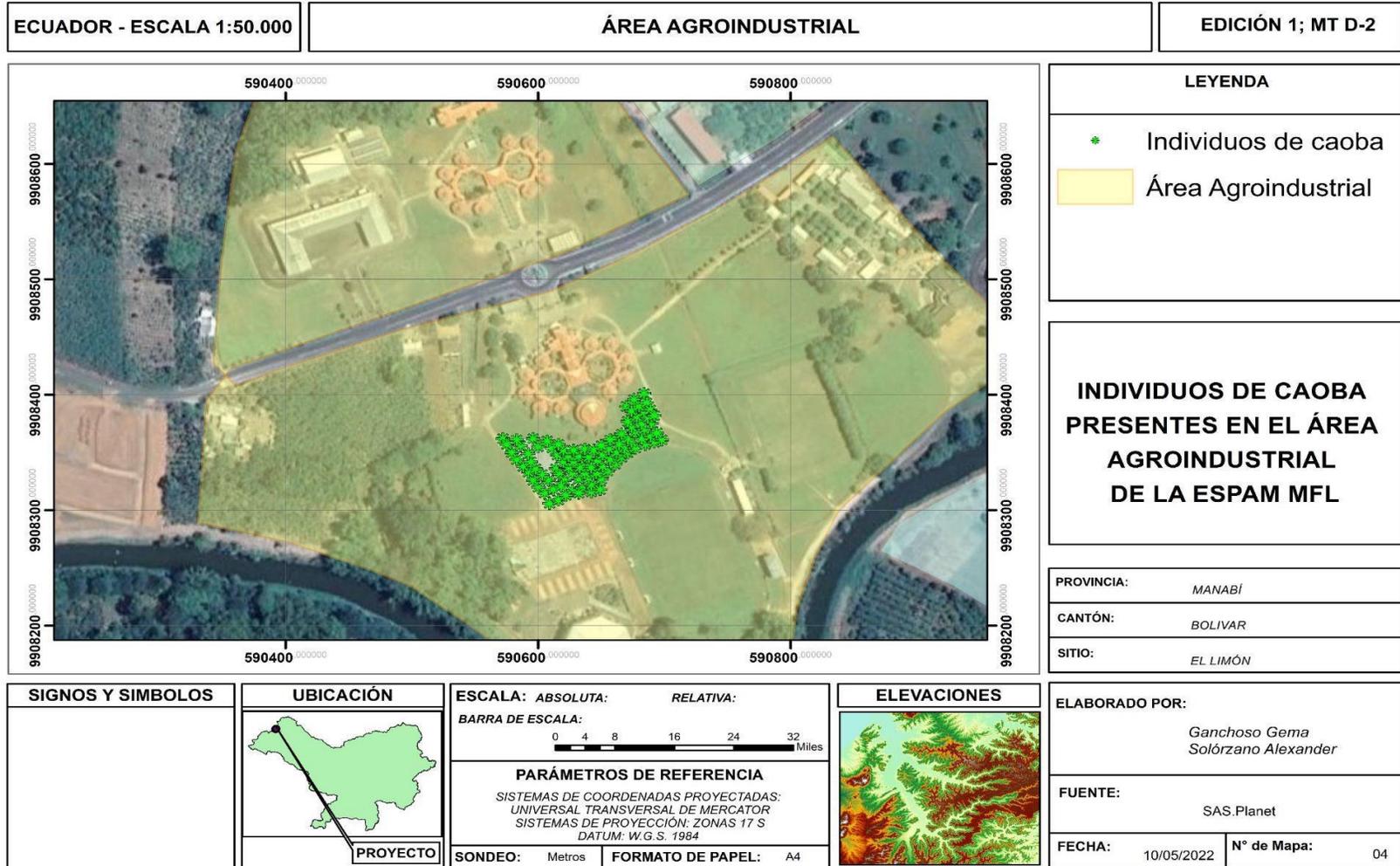


Figura 4.3. Mapa de los individuos de caoba identificados en el área agroindustrial.
Fuente: SAS Planet (2022).

En la figura 4.4., se evidencia los individuos de caoba identificados en CIIDEA con una superficie ocupada de 129,19 ha. El área de estudio presenta un suelo tipo franco arcilloso con nivel de materia orgánica alto (López y Zamora, 2016), existen 1.239 árboles sembrados en linderos con un distanciamiento de 5 x 5 m, además, se encuentran intercalados con otras especies maderables como melina, ébano, pachaco y adicionalmente, 40 especies de bambú, su tiempo de plantación corresponde a 6 años.

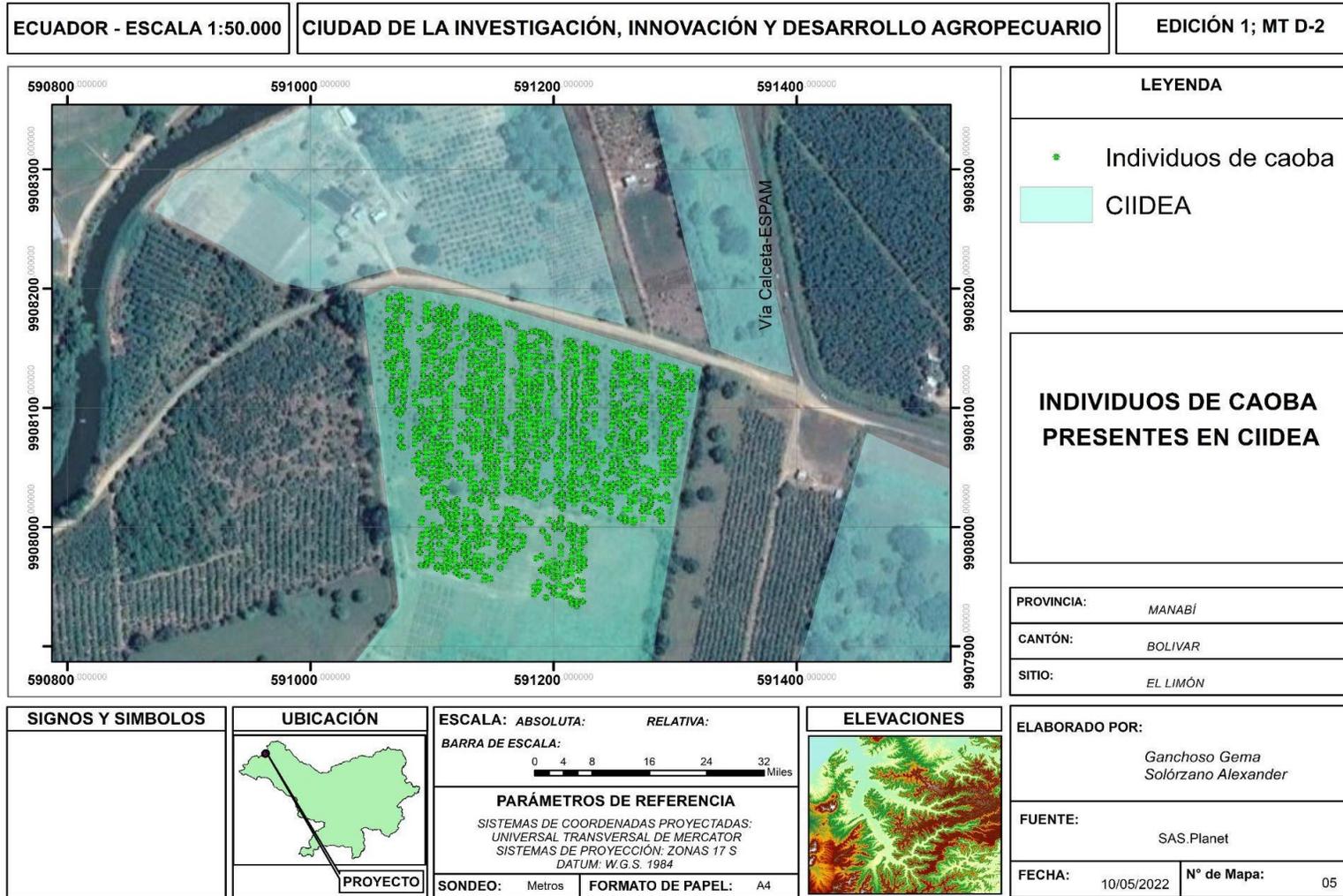


Figura 4.4. Mapa de los individuos de caoba identificados en CIIDEA.
Fuente: SAS Planet (2022).

4.1.2. Cuantificación de la Caoba presentes en el campus politécnico de la ESPAM MFL

Se realizó una base de datos en el programa Microsoft Excel con la información obtenida de la ficha de observación, en la tabla 4.1 se detalla la matriz de registro de los individuos de caoba encontrados en las áreas del campus politécnico de la ESPAM MFL.

En la tabla 4.1., se registran los resultados de los individuos de *Swietenia macrophylla* encontrados en las diferentes áreas del campus de la ESPAM MFL, donde se logró identificar un total de 1.657 individuos de caoba distribuidos en el área Agroindustrial, Bosque y CIIDEA. Según Salgado et al. (2018) la elaboración de matrices ayuda a ordenar datos esenciales referente a la especie tales como: nombre común, nombre científico, familia, número de individuos de especie identificados y el área evaluada.

Tabla 4.1. Cantidad de individuos de caoba por área del campus politécnico de la ESPAM MFL.

Área	Ni (número de individuos de caoba)
Área Agroindustrial	161
Bosque	257
CIIDEA	1.239
Total	1.657

Fuente: Elaborado por autores.

En el gráfico 4.1., se muestra la cantidad de individuos por área del campus politécnico de la ESPAM MFL, siendo CIIDEA la que presenta mayor cantidad de árboles de caoba con 1.239 por ser el área más extensa, asimismo, es una especie arbórea muy frecuente en las zonas boscosas, seguido del bosque con 257 y el área agroindustrial con un valor de 161. Al respecto, Chamorro y Falconi (2019) afirman que a mayor número de árboles y extensión que estos ocupen más carbono almacenan. De igual manera, Tapullima (2020) señala que entre las especies más abundantes y que más aporta en la captura de carbono se encuentran las especies de género *Swietenia macrophylla*.

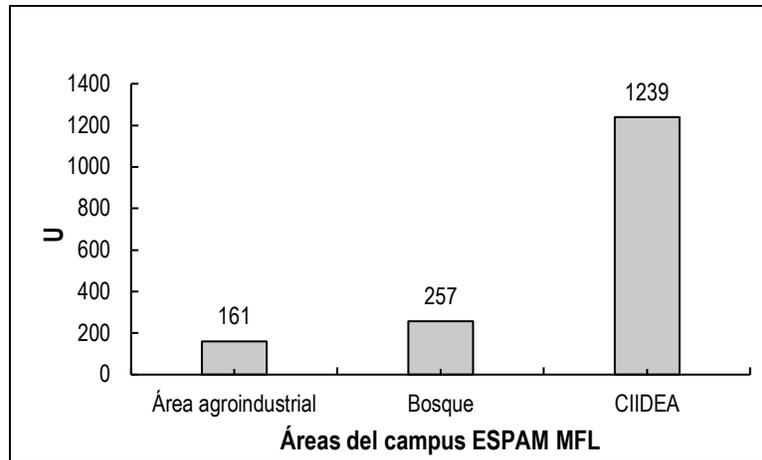


Gráfico 4.1. Cantidad de individuos de caoba identificados por área del campus de la ESPAM MFL.

Fuente: Elaborado por autores.

4.2. FASE 2. ESTIMACIÓN DE LOS NIVELES DE CAPTURA DE CARBONO EN LA BIOMASA DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM-MFL

4.2.1. Aplicación del diseño de muestreo para estimar los niveles de captura de carbono

Para la estimación de los niveles de captura de carbono fue imprescindible conocer la medida del DAP a 1,30 m y la altura de cada árbol, misma que se ejecutó mediante la aplicación Smart Measure (Rodríguez et al., 2020). Los datos que se obtuvieron se registran en el Anexo 2.

Cabe señalar que debido al enfoque conservacionista de la investigación se aplicó un modelo alométrico con el método no destructivo para determinar el área basal, volumen, biomasa forestal, carbono y CO₂ almacenado en el campus politécnico tomando en consideración lo expuesto por (Otzen y Manterola, 2017). En la investigación realizada por Díaz et al. (2016) señalan que para generar ecuaciones alométricas es importante emplear métodos no destructivos. Por ello, Navarro et al. (2020) afirman que este método utiliza los datos dasométricos, lo cual permite valorar la estructura y condición de un bosque, y así, estimar el impacto del entorno forestal en la atenuación de los gases de efecto invernadero.

4.2.2. Determinación del contenido de carbono en la biomasa en el campus politécnico de la ESPAM MFL

Para determinar el contenido de carbono, se calculó a partir de los datos dasométricos obtenidos de cada árbol (DAP y altura), además, se aplicaron las ecuaciones mencionadas en la actividad 2.2. A continuación, se detallan los resultados obtenidos por cada área:

Tabla 4.2. Matriz de los resultados obtenidos por área del campus de la ESPAM MFL.

Áreas	Estimación del área basal	Estimación de volumen	Estimación de biomasa forestal	Estimación de carbono	Estimación del CO2 almacenado
Agroindustrial	2,33 m ²	4,90 m ³	3,52 t/ha	1,76 t/ha	6,47 t/CO ₂ anual/ha
Bosque	193,46 m ²	2426,10 m ³	1746,79 t/ha	873,39 t/ha	3205,37 t/CO ₂ anual/ha
CIIDEA	207,62 m ²	1161,07 m ³	835,98 t/ha	417,97 t/ha	1534,01 t/CO ₂ anual/ha

Fuente: Elaborado por autores.

Con respecto al gráfico 4.2., se muestra los valores promedios del DAP, donde se puede apreciar que el bosque presenta mayor DAP con 0,87 m, seguido de CIIDEA con 0,44 m y en menor valor se encuentra el área agroindustrial con 0,13 m. Según Castillo et al. (2022) manifiestan que los árboles que tienen características de DAP amplios fijan más carbono, lo que concuerda con Peña (2021) que a mayor diámetro de las especies arbóreas más carbono se captura.

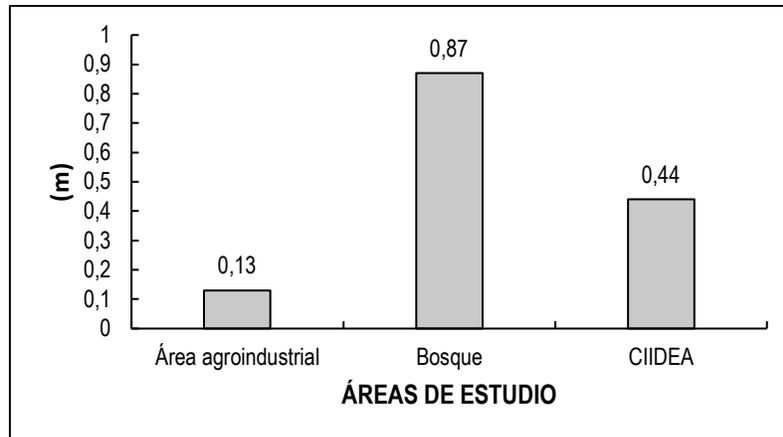


Gráfico 4.2. Relación promedio del DAP entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.
Fuente: Elaborado por autores.

Como se puede observar en el gráfico 4.3., los valores de alturas promedio obtenidas fue notorio, los individuos de caoba presente en el bosque poseen mayor altura 20 m debido a que sus árboles tienen mayor edad, en el área agroindustrial y CIIDEA la altura promedio fue de 4,17 m y 10,43 m. De acuerdo con Vargas (2019) la altura de un árbol depende del entorno y al desarrollarse con el tiempo son más vigorosos lo cual produce mayor acumulación de carbono. Por otro lado, en el estudio realizado por la revista Nature Geoscience (2018) revela que los árboles adultos que tienen mayor diámetro y altura son los que presentan mayor cantidad de carbono almacenado.

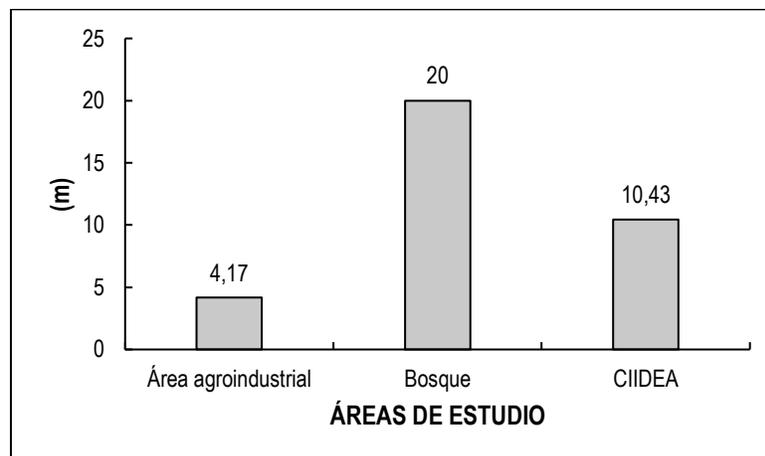


Gráfico 4.3. Altura promedio entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.
Fuente: Elaborado por autores.

En el gráfico 4.4., se muestran las áreas basales totales, siendo el valor de CIIDEA mayormente visible 207,62 m² mostrando una diferencia numérica de 205,29 m², esto debido a la cantidad de individuos de caoba, y como lo explica Frías et al. (2021) si se incrementa el número de árboles mayor será su área basimétrica lo cual tienden a alcanzar más biomasa, por ende, aumentan estos valores y realizan mayor captura de carbono.

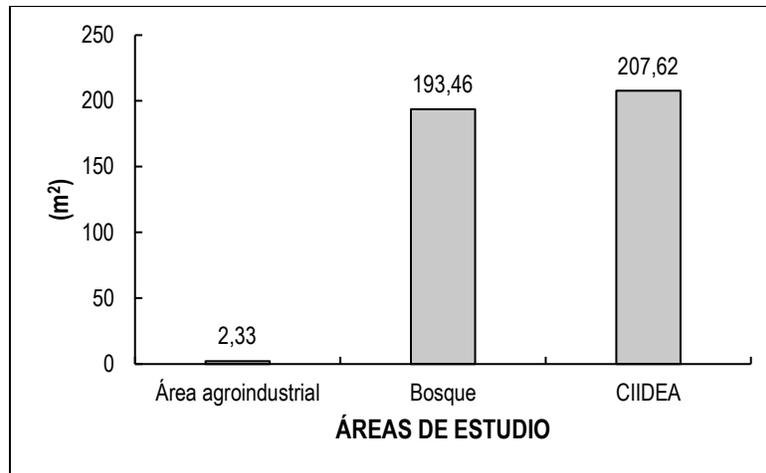


Gráfico 4. 4. Área basal total entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.

Fuente: Elaborado por autores.

Con respecto al gráfico 4.5., se evidencia que el bosque muestra un volumen total de 2.426,10 m³ siendo el más representativo, consecutivamente, el área de CIIDEA posee 1.161,07 m³ y el área agroindustrial tiene 4,9 m³. Dávila (2017) menciona que el volumen de los árboles muestreados indica la forma de expresión de la cantidad total que estos ocupan en el área de estudio. De igual manera, Hernández et al. (2018) revelaron que el cálculo del volumen es imprescindible para el manejo forestal sustentable ya que corresponde a la medida de madera sólida más ampliamente utilizada y que a mayor volumen aumenta el contenido de carbono en forma de biomasa.

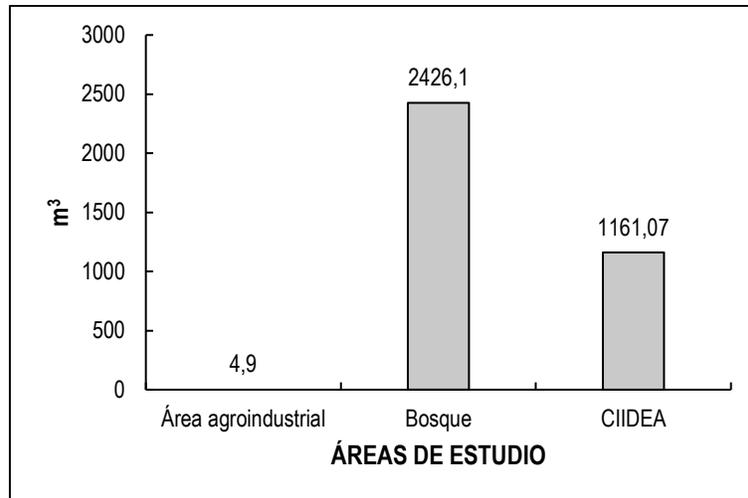


Gráfico 4.5. Volumen total entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.
Fuente: Elaborado por autores.

Los datos obtenidos de la biomasa forestal se representan en el gráfico 4.6., el bosque posee una biomasa total de 1.746,79 t/ha siendo el que mejor aporta con la biomasa forestal por su gran diámetro y altura, consecutivamente, CIIDEA presenta una biomasa total de 835,98 t/ha y, por último, el área agroindustrial obtuvo un valor de 3,52 t/ha. Los resultados obtenidos confirman lo planteado por García y Buitrón (2022) que señalan que la capacidad de los sistemas forestales para acumular carbono en la biomasa varía en función de su diámetro, altura, edad y como lo mencionan García et al. (2021) si se incrementa el número de especies forestales con diámetros amplios y con densidades de maderas altas en una zona se obtiene más biomasa y mayores valores de captura de carbono.

En el estudio realizado por Martínez (2019) los resultados obtenidos son inferiores a los reportados, debido a que la cantidad de árboles que componen las áreas del campus politécnico es mayor al número de árboles estimados, por lo que esto implica elevados valores de biomasa forestal calculada.

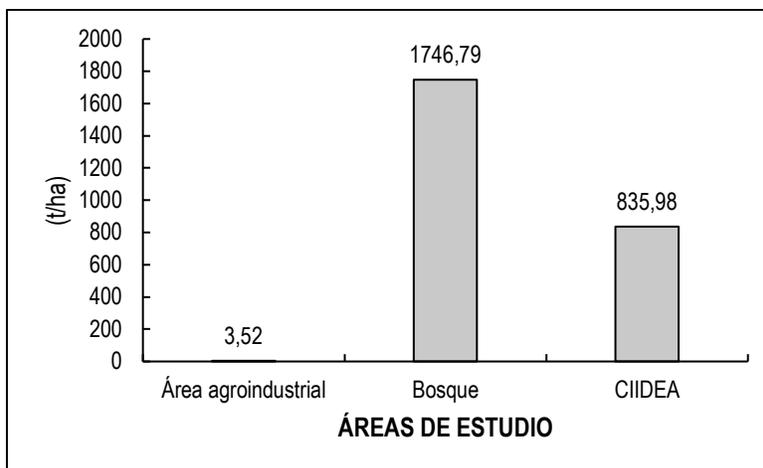


Gráfico 4.6. Biomasa forestal total entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.
Fuente: Elaborado por autores.

Con respecto al gráfico 4.7., se muestra que el bosque obtuvo una estimación de carbono total de 873,39 t/ha representado un valor muy significativo dentro de las áreas estudiadas, CIIDEA con un valor de 417,97 t/ha y la estimación en el área agroindustrial es de 1,76 t/ha. Al respecto Barrientos (2021) indica que cuando se refleja mayor captura de carbono esto se debe al número de árboles encontrados en dichas áreas con extensos diámetros y gran altura lo cual coincide en la tendencia de alcanzar valores mayores de captura de carbono.

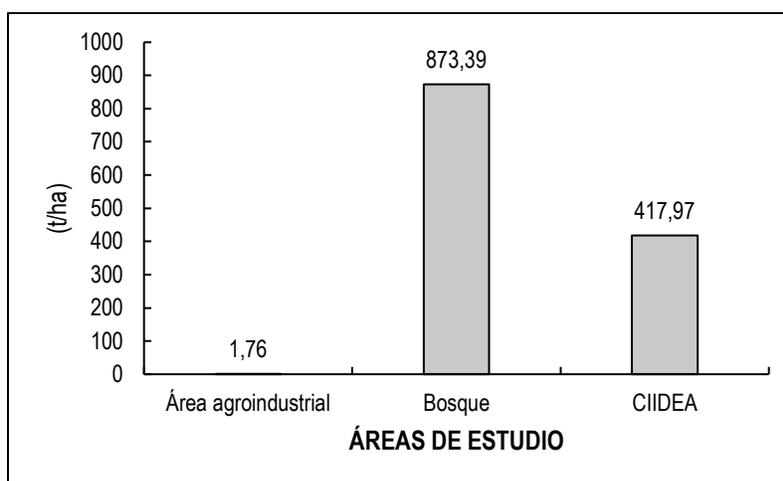


Gráfico 4.7. Estimación de carbono total entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.
Fuente: Elaborado por autores.

En el gráfico 4.8., se evidencia el contenido de CO₂ almacenado en el campus de la ESPAM MFL, en donde se obtuvo que en el bosque el total de carbono fijado es

de 3.205,37 t/CO₂ anual/ha siendo el área que presenta mayor aporte a la captación de carbono demostrando un valor referencial en la totalidad de las áreas estudiadas, seguido de CIIDEA el cual presenta un total de 1.534,01 t/CO₂ anual/ha y en el área agroindustrial se observó un valor de 6,47 t/CO₂ anual/ha. Los resultados significativos que se muestran son por su diámetro, y como lo explica Soto (2016) a mayor diámetro del árbol más carbono se captura y se almacena. Además, los resultados obtenidos en cuanto al CO₂ almacenado en el campus politécnico de la ESPAM MFL no tienen mucha variación a lo reportado por Racelis et al. (2019) en una reserva forestal de Makiling, Filipinas con plantaciones de *Swietenia macrophylla* con valores totales de 1,388.01 a 3,285.97 t/CO₂., También, tienen relación con los de Paty et al. (2017) quienes en un estudio realizado en un bosque amazónico de Colombia en el que se estimó el CO₂ almacenado para individuos con DAP \geq 10 a 80 cm revelaron valores de 297,6 a 1561,19 t/CO₂.

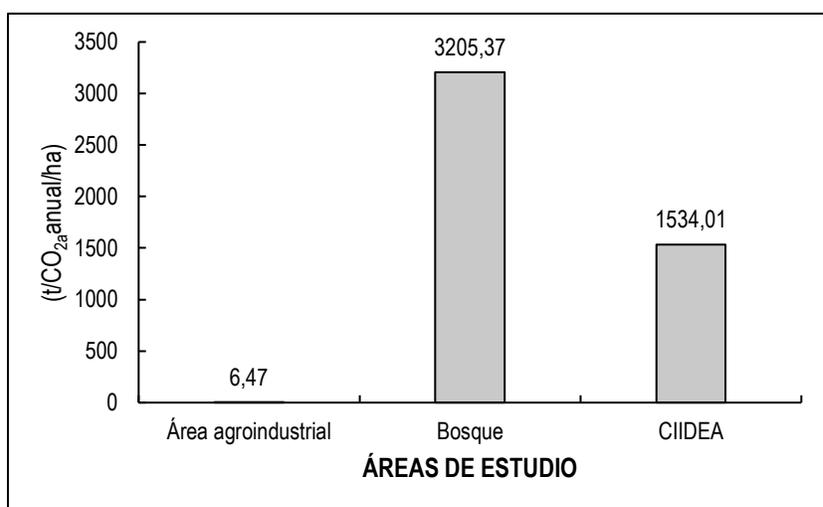


Gráfico 4.8. CO₂ almacenado entre las áreas del campus de la ESPAM MFL.

Fuente: Elaborado por autores.

Los resultados totales de la evaluación de carbono en árboles de caoba en el campus de la ESPAM MFL se muestran en la tabla 4.3., la estimación de volumen alcanza un valor total de 3.592,07 m³, la estimación de biomasa forestal 2.586,29 t/ha, la estimación de carbono 1.293,12 t/ha y la estimación de CO₂ en árboles de caoba con un valor de 4.745,85 t/CO₂ anual/ha. De la Cruz y Flores (2022) en estudios realizados en Perú en el potencial de captura de carbono de *Swietenia*

macrophylla mencionan que dicha especie es importante ya que ayuda en la captura de carbono y disminuye el valor de daños provocados por el CO₂ en el aire por lo que los resultados obtenidos en la investigación no tienen mucha variación a los de su estudio. De igual manera, en la investigación de Castillo et al. (2022) en la fijación de carbono del arbolado de los parques la Rotonda y la Madre, Manabí, Ecuador entre las especies más representativas que capturan carbono se encontró la caoba, demostrando valores similares a los obtenidos en la investigación.

Tabla 4.3. Resultados totales de la estimación de carbono en el campus de la ESPAM MFL.

Estimación de volumen	Estimación de biomasa forestal	Estimación de carbono almacenado en árboles de caoba	Estimación de CO ₂ en árboles de caoba
3.592,07 m ³	2.586,29 t/ha	1.293,12 t/ha	4.745,85 t/CO ₂ /ha

Fuente: Elaborado por autores.

4.3. FASE 3. ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN PARA LA ESPECIE DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King)

4.3.1. Establecer estrategias en base a criterios de conservación

En base al Acuerdo ministerial N° 090 para la veda de la especie caoba (*Swietenia macrophylla* King) (Anexo 3) y a los resultados satisfactorios de la evaluación de captura de carbono de dicha especie, se elaboró estrategias de conservación tomando en consideración 3 criterios importantes: conservación de la diversidad biológica, mantenimiento de la sanidad y vitalidad de los medios forestales y conservación de la contribución a los ciclos globales del carbono. En la tabla 4.4 se especifica la matriz de estrategias con sus respectivos criterios.

4.3.2. Valoración de expertos

Se realizó una encuesta en función a las estrategias planteadas para la conservación de la caoba (Anexo 5) en lo cual, los profesionales encuestados referente al tema de conservación consideraron que el 75% de las estrategias y criterios estimados se encuentran en la categoría de bueno, mientras que, el 25%

indicó que están en categoría muy bueno, por lo que se tomaron en consideración algunas recomendaciones que nos permitieron establecer la matriz de estrategias sobre la conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Matriz de estrategias sobre la conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla* King).

CRITERIOS	ESTRATEGIAS	ACCIONES	DURACIÓN	FORMA DE MONITOREO
Conservación de la diversidad biológica	Mejora de las bases para el conocimiento de la presencia, estado y previsible evolución de la especie (<i>Swietenia macrophylla</i> King).	Actualización y realización de inventarios de espacios, flora y fauna, incorporando sistemas de información geográfica.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registro de informe de inventario. ▪ Visitas técnicas. ▪ Ficha de observación.
		Continuar con la realización de censos y seguimiento de especies en el campus politécnico.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Visitas técnicas. ▪ Ficha de observación. ▪ Registros fotográficos de las especies.
	Generar alternativas económicas que incentiven la conservación de la Caoba.	Establecer mecanismos para la comercialización sostenible de semillas de Caoba como incentivo económico para conservación de la especie.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facturas de adquisición de las semillas. ▪ Registro fotográfico.
		Generación de material divulgativo sobre la importancia de conservación de la Caoba y sus beneficios.	Corto a mediano plazo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trípticos, afiches, entre otros. ▪ Registro fotográfico. de la sociabilización.
Mantenimiento de la sanidad y vitalidad de los medios forestales.	Crear un programa de educación y divulgación dirigido a destacar la importancia ecológica de la Caoba, de tal manera que los diferentes actores contribuyan a implementar programas de conservación de la especie.	Difundir la estrategia de conservación y manejo de la Caoba utilizando diversos medios masivos de comunicación.	Corto a mediano plazo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trípticos, afiches, entre otros. ▪ Registro fotográfico. de la sociabilización. ▪ Registro de informe técnico.
		Establecimiento de parcelas permanentes para el monitoreo de la dinámica y ecología de poblaciones de Caoba.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fichas para la selección de monitoreo donde debe indicarse edad, altura y diámetro de forma anual. ▪ Visitas técnicas. ▪ Entrevistas.
	Conservar las poblaciones de Caoba presentes en el campus politécnico.	Realizar programas de enriquecimiento y monitoreo de individuos de Caoba en bosques naturales.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registro de informes de monitoreos. ▪ Fichas de observación.

Mantenimiento y conservación de la contribución a los ciclos globales del carbono	Micropropagación en laboratorio para banco de germoplasma.	Tomar en consideración a nivel de laboratorio, el recurso genético de la caoba para preservarlo.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registro fotográfico. ▪ Registro de informes del laboratorio. ▪ Registros de entradas y salidas. ▪ Ficha de observación. ▪ Registros fotográficos.
	Asociar con otras especies su plantación pura debido al ataque del barrenador.	Combinar su plantación con otras especies maderables o líneas de enriquecimiento en bosque para mejorar su calidad.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Visitas técnicas. ▪ Registros fotográficos de las especies maderables. ▪ Ficha de observación.
	Mejora de conocimiento del control de especies exóticas invasoras	Elaborar directrices o planes para evitar la introducción de estas especies, especialmente en las labores de revegetación de espacios	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registro fotográfico de las directrices o planos.
	Establecer un programa de educación y comunicación dirigido a la comunidad de la ESPAM MFL sobre la importancia que tienen las poblaciones de caoba sobre la captación de carbono.	Realizar talleres informativos sobre el almacenamiento de carbono que puede tener cada individuo de caoba.	Corto a mediano plazo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registros fotográficos. ▪ Evidencias de trípticos.
	Consolidar la base de conocimiento sobre las poblaciones de <i>Swietenia macrophylla</i> King en cuanto a su uso y manejo adecuado	Comunicar e incentivar a las comunidades sobre los beneficios del mantenimiento y conservación de las áreas con presencia de <i>Swietenia macrophylla</i> King.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registros fotográficos de la sociabilización a comunidades. ▪ Ficha de observación. ▪ Anuncios publicitarios.
	Promover la reforestación de individuos de caoba en el área de CIIDEA.	Rehabilitación de áreas degradadas sometidas a ciclos sucesivos de uso del fuego y cultivos, y con poco tiempo de barbecho, que afecta la capacidad de regeneración del suelo.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registro de fotográfico de las plantaciones de caoba.
	Programas en comunidades para el aprovechamiento sostenible de la caoba.	Vincular a instituciones públicas, privadas, estudiantes, pasantes, actores ambientales entre otros, para establecer mecanismos que permitan la gestión y desarrollo de programas de reforestación	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registros fotográficos de la sociabilización. ▪ Visitas técnicas. ▪ Entrevistas.

de la especie (*Swietenia macrophylla*
King).

Fuente: Elaborado por autores.

4.3.3. Cumplimiento de la Idea a Defender en base a los resultados obtenidos

Los resultados obtenidos de la estimación de la captura de carbono en la biomasa de la caoba en el campus politécnico de la ESPAM MFL fueron muy representativos, lo que nos indica que la idea a defender se cumple. Por lo tanto, estos resultados aportarán de manera bibliográfica, teniendo en cuenta la creación de una línea base, que incluye la ubicación, datos dasométricos y puntos de referencia de cada individuo de caoba presente en la ESPAM MFL, asimismo, las estrategias de conservación de dicha especie serán de apoyo para futuros trabajos de investigación al proyecto de vinculación «Área natural protegida y ecomuseo “Manuel Félix López” de la carrera de Ingeniería Ambiental: Escuela de educación ambiental para la sociedad y sistema educativo y laboratorio de campo para prácticas estudiantiles, tesis y trabajos de investigación para la ESPAM».

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El campus politécnico de la ESPAM MFL cuenta con 1.657 árboles de caoba distribuidos en sus áreas: agroindustrial (161), bosque (257) y CIIDEA (1.239), los cuales aportan en la prestación de servicios ambientales. Además, la alta densidad de los árboles convierte al campus en un área de vital importancia para la generación del servicio de captura de carbono en el entorno.
- La investigación brinda información importante sobre el potencial de captura y almacenamiento de CO₂ por parte de los individuos de caoba de las áreas del campus de la ESPAM MFL, por lo que se evidenció que la metodología con ecuaciones alométricas utilizadas se demuestra útil para el uso en el campus politécnico, al no afectar directamente a los individuos de caoba evaluados, asimismo, permitió identificar que debido a sus características y datos dasométricos el área del bosque politécnico fue la que obtuvo los resultados más altos en volumen (2.426,10 m³), biomasa forestal (1.746,79 t/ha), estimación de carbono (873,39 t/año/ha) y CO₂ almacenado (3.205,37 t/CO₂año/ha).
- Las estrategias para la conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) se plantearon bajo los criterios de conservación de la diversidad biológica, mantenimiento de la sanidad y vitalidad de los medios forestales y conservación de la contribución a los ciclos globales del carbono, logrando un 75 % de aceptación por los profesionales referente a la temática de bueno y un 25 % de muy bueno, las cuales pueden ser tomadas de referencias en futuros trabajos para su aplicación.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la conservación de las especies arbóreas dentro del campus politécnico de la ESPAM-MFL, tomando en cuenta los criterios y estrategias que se presentaron durante la investigación.
- Aplicar métodos alométricos no destructivos para investigaciones con enfoque conservacionista.
- Se recomienda realizar estudios relacionados a la investigación incluyendo diferentes especies arbóreas que se encuentren dentro del campus politécnico de la ESPAM-MFL, además, continuar con el monitoreo de los mismos, teniendo en cuenta las estimaciones de captura de carbono para que puedan ser comparadas con futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍAS

Acuerdo Ministerial N° 090 sobre la Veda de Caoba. (2017). Acuerdo Ministerial N° 090 sobre la Veda de Caoba. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/ACUERDO-90-VEDA-CAOBA.pdf>

Álvarez, Y., y Conesa, C. (2018). Georreferenciación de documentos cartográficos históricos para el análisis del trazado fluvial del bajo Segura, Vega Media (Murcia, España). *Revista Internacional de Ciencias y Tecnología de la Información Geográfica*, 21, 101–118. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.536>

Arroyo, M. (2018). El oro rojo en Ecuador. Series de Mongabay: Especial Madera transnacionales. <https://es.mongabay.com/2018/09/cedro-ecuador-tala-ilegal-amazonia-bosques/>

Barrientos, G. (2021). Valoración económica del servicio ecosistémico de captura de carbono en “queñua” *Polylepis sp.*, y el almacenamiento de agua en el bosque de Paras, Cangallo – Ayacucho. [Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/75966/Barrientos_PGE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bazurto, M., y Vélez, S. (2019). Captación de carbono en (*Cordia alliodora*) y (*Albizia guachapele*) como servicio ambiental para propuesta de plan de reforestación en Matapalo. <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/1218/TTMA85.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cantero, D. (2015). Criterios e indicadores forestales en bosques privados del Sur de Europa. <https://www.fao.org/3/XII/0995-B4.htm>

Cantos, G., Cantos, A., Rosete, S., Sotolongo, R., y Vítores, M. (2015). Estrategias de Conservación del Bosque Natural Tropical de la Comuna “El Pital” Manabí, Ecuador Strategies of Conservation of the Tropical Natural Forest of the Commune “El Pital” Manabí, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales:*

CFORES, ISSN-e 2310-3469, Vol. 3, No. 2, 2015, 921 Págs., 3(2), 905–921.

Castillo, R., Rodríguez, B., y Bravo, K. (2022). Fijación de Carbono (CO₂) del arbolado de los parques la Rotonda y La Madre, Manabí, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN*, 6(10).
<https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/193/328>

Castillo, S. (2018). Captura de carbono en plantas forestales de 10 años de edad en el I.E.S.T.P. Nor Oriental de la Selva, Distrito de la banda de Shilcayo-provincia y región San Martín, agosto-octubre 2018 [Universidad de Huánuco].
<http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/1489>

Chamorro, M., y Falconi, S. (2019). Potencial de secuestro de carbono por los árboles en los parques urbanos de los Distritos de el Tambo, Huancayo y Chilca [Universidad Nacional del Centro del Perú].
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5140>

Chinchilla, O., Corea, E., Meza, V., y Ávila, C. (2021). Crecimiento, rendimiento y costos durante los primeros tres años de la caoba (*Swietenia macrophylla King*) establecida en sistemas agroforestales. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 18(42), 62–73. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i42.5540>

Churampi, B. (2017). Cuantificación de la captura de carbono en la biomasa aérea de la *Psidium guajava* en el fondo conde Vargas, Cajabamba, Cajamarca.
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1918/>
“CUANTIFICACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA DE LA GUAYABA %28PSIDIUM GUAJAVA L.%29 E.pdf?sequence=1

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2019). Guía informativa para el manejo y aprovechamiento sustentable de caoba en el marco de las disposiciones de la CITES.
https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/cites/Pdf/Guía-Caoba-CITES-v8_7Oct19.pdf

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Decreto Legislativo 0 Registro Oficial 449 de 20-oct-2008 Última modificación 13-jul-2011 Estado vigente. Art. 333. Sección Segunda. Tipos de propiedad. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Dávila, D. (2017). Estimación de volumen y forma para fustes de árbol de seis especies tropicales del bosque Andino de Colombia TESIS. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/219/1/FITECMA-M-2017-1771.pdf

De la Cruz, L., y Flores, M. (2022). Potencial de captura de carbono del género *Swietenia* (Caoba). Universidad César Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/87892/De_La_Cruz_DLCLK-Flores_VMR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Díaz, L. (2020). Estimación de la captura de carbono en dos sistemas agroforestales de café en la provincia de Rioja, San Martín - Perú. http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/746/Díaz_Arteaga%2CLady_Carbono_agroforestales.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Díaz, M., Vásquez, A., Uribe, M., Sánchez, A., Lara, A., y Cruz, A. (2016). Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en aire obtenidas mediante un método no destructivo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(16). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016001203235

Dilas, J., y Huamán, A. (2020). Captura de carbono por un bosque montano de neblina del Perú. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica. Alpha Centauri*, 1(3), 13–25. <https://doi.org/10.47422/ac.v1i3.16>

Diputación foral de Bizkaia. (2015). Estrategia para la protección, mejora y gestión de la biodiversidad en Bizkaia. [https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO9/Temas/Pdf/Patrimonio_Natural/ESTRATEGIA_BIODIVERSIDAD/Cas_Estrategia_Biodiversidad_\(Para](https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO9/Temas/Pdf/Patrimonio_Natural/ESTRATEGIA_BIODIVERSIDAD/Cas_Estrategia_Biodiversidad_(Para)

publicar).pdf?hash=e2324c2458e2ce1a5f1eec9d27db1489&idioma=CA

Espinoza, E. (2016). Universo, muestra y muestreo. <http://www.bvs.hn/Honduras/UICFCM/SaludMental/UNIVERSO.MUESTRA.Y.MUESTREO.pdf>

Fabri, M. (2020). Las técnicas de investigación: la observación. Ciencias Humanas. <http://institutocienciashumanas.com/wp-content/uploads/2020/03/Las-técnicas-de-investigación.pdf>

Facultad Ciencias del Mar. (2020). Cambio climático, deforestación e impactos antrópicos en el Humedal La Segua, Manabí. <https://departamentos.uleam.edu.ec/observatorio-territorial/files/2020/11/BOLETIN-CAMBIO-CLIMÁTICO-LA-SEGUA-.pdf>

Franco, N., Ríos, C., Rojas, J., y Talero, C. (2019). Plan de Manejo y Conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla King*) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Paper Knowledge. Toward a Media History of Documents, 1(1), 204–219.

Frías, M., Bonilla, M., y Rivero, A. (2021). Captura de carbono por especies arbóreas en la finca La Carmelina. Ciencias Forestales y Agropecuarias, 23(2). <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869392003/html/>

Galindo, L., Reyes, P., y González, F. (2022). Escenarios para la transición energética a una economía de carbono neutral en América. Sobre México. Temas de Economía. Nueva Época, 6(3), 1–35. https://ri.iberomx/bitstream/handle/iberomx/6360/SMTE_03_06_NE_01.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gallegos, V. (2019). Modelos alométricos para estimar carbono de tres especies arbóreas plantas en áreas afectadas por los procesos de extracción de petróleo en la Amazonía del Ecuador. [http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/21023/T-IASA I-](http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/21023/T-IASA-I-)

005498.pdf?sequence=1&isAllowed=y

García, K., y Buitrón, S. (2022). Análisis de biomasa aérea entre una zona de regeneración natural y un bosque conservado en la comunidad Anope, parroquia Pacto, Cantón Quito, Ecuador [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/27427/1/UCE-FCB-CB-GARCÍA KERLY.pdf>

García, M. (2020). Sistematización de trabajos de titulación basados en la investigación turística dentro del subsistema Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) del Ecuador, periodo 2000-2019. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23073/3/UCE-FAG-GARCÍA MARÍA.pdf>

García, W., De los Santos, H., Pérez, G., Valdez, J., Corral, J., Rodríguez, G., y García, E. (2015). Modelos de crecimiento y rendimiento de totalidad del rodal para *Pinus patula*. *Madera y Bosques*, 21(3). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000300007

García, Y., Arteaga, Y., Torres, B., Bravo, C., y Robles, M. (2021). Biomasa aérea de familias botánicas en un bosque siempreverde piemontano sometido a grados de intervención. *Colombia Forestal*, 24(1), 45–59. <https://doi.org/10.14483/2256201X.15939>

Gaworecki, M. (2017). ¿Qué estrategias de conservación forestal han demostrado ser más efectivas? *Mongabay*. <https://es.mongabay.com/2017/01/estrategias-conservación-forestal-demostrado-más-efectivas/>

Guilabert, M. (2021). El método Delphi. *Universidad de Castilla La Mancha*, 171(3), 180. <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/28528/03 TÉCNICAS-INVESTIGACIÓN-WEB-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático [IPCC]. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. <http://www.ipcc.ch>.
- Hernández, J., Hernández, A., García, X., Tamarit, J., Martínez, L., y García, J. (2018). Ecuaciones de volumen total y de razón para estimar el volumen comercial de *Swietenia macrophylla* King. *Colombia Forestal*, 21(1), 34–46. <https://doi.org/10.14483/2256201X.11965>
- Jiménez, 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. doi:10.26820/recimundo/5
- King, G. (1886). *Swietenia macrophylla*. *Icones Plantarum Indiae Orientalis Ser*, 3(6), 145–147. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/árboles/doctos/37-melia5m.pdf
- López, G., y Zamora, A. (2016). Diagnóstico de la fertilidad del suelo en el área de Investigación, Innovación y desarrollo de la ESPAM-MFL. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/270/1/TA54.pdf>
- Landín, M., y Sánchez, S. (2019). El método biográfico-narrativo. Una herramienta para la investigación educativa. *Educación XXVIII*, 54, 227–242. <https://doi.org/10.18800/educacion.201901.011>
- López, P., y Fachelli, S. (2017). Metodología de la investigación social cuantitativa Bellaterra. (Cerdanyola del Valles): Depósito Digital de Documentos, Universidad Autónoma de Barcelona. Capítulo II.4. https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsoccua_cap2-4a2017.pdf
- López, R. (2017). Valoración de carbono en la Necromasa y suelo del bosque protector Aguarongo, provincia del Azuay, Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14329/1/UPS-CT007037.pdf>
- Maciel, C., Manríquez, N., Aguilar, P., y Sánchez, G. (2015). El área de distribución

de las especies: revisión del concepto. *Acta Universitaria*, 25(2), 03–19.
<https://doi.org/10.15174/AU.2015.690>

Maquera, D. (2017). Determinación del contenido de carbono por especies forestales en el Bosque del Cip Camacani en Puno. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6183/Maquera_Maquera_Delia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Martínez, A. (2019). Estimación de la captura de carbono y la evaluación del riesgo del bosque urbano del tecnológico de Antioquia. *Institución Universitaria*. <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tda/473/Trabajo de grado Andrés Martínez.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Mejía, A. (2021). Estimación del potencial de captura de carbono en la ciudadela universitaria Universidad de Guayaquil, en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/53439/1/TESIS MEJÍA DE LA TORRE ANDRÉS STEVEN.pdf>

Ministerio del Ambiente [MAE]. (2019). Ecuador reducirá sus emisiones de gases de efecto invernadero hasta el 2025 – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-reducira-sus-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-hasta-el-2025/>

Ministerio del Ambiente [MAE]. (2017). Ecuador prohíbe la tala de caoba durante los próximos 10 años. <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-prohibe-la-tala-de-caoba-durante-los-próximos-10-anos/>

Ministerio del Ambiente [MAE]. (2017). Conservación y recuperación de bosques tropicales. <https://www.ambiente.gob.ec/mae-promueve-conservación-y-recuperación-de-bosques-tropicales/>

Ministerio del Ambiente [MAE]. (2018). Programa de protección de bosques. <https://www.ambiente.gob.ec/programa-socio-bosque/#:~:text=Socio Bosque consiste en la,páramos u otra vegetación nativa.>

- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. [MAATE]. (2021). Plantar 100.000 árboles en la Amazonía ecuatoriana será posible gracias a la campaña Juntos por la Tierra . <https://www.ambiente.gob.ec/plantar-100-000-árboles-en-la-amazonía-ecuatoriana-será-posible-gracias-a-la-campana-juntos-por-la-tierra/>
- Montesdeoca, M. (2016). Diagnóstico de la fertilidad del suelo en áreas cultivadas de la ESPAM-MFL. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/272/1/TA55.pdf>
- Morales, M., y Vásquez, M. (2019). Valoración económica de la captura de carbono en las especies *Podocarpus sprucei* y *Oreocallis grandiflora* en el Bosque protector Aguarongo. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16640/4/UPS-CT008067.pdf>
- Muñoz, M., y Vásquez, E. (2020). Estimaciones del potencial de captura de carbono en los parques urbanos y emisiones de CO₂ vehiculares en Cuenca, Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18390/1/UPS-CT008694.pdf>
- Nature Geoscience. (2018). Los árboles más altos y viejos son más resistentes a la sequía en los bosques tropicales. Ciencia y Tecnología Del Instituto ECYT. <https://www.iagua.es/noticias/dicyt/árboles-más-altos-y-viejos-son-más-resistentes-sequía-bosques-tropicales>
- Navarro, J., Godínez, F., López, M., Rosas, J., Juárez, A., y Reyes, M. (2020). Ajuste de ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea en *Pinus oocarpa* y *Quercus resinosa* en Guerrero, México. *Madera y Bosques*, 26(1). <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v26n1/2448-7597-mb-26-01-e2611964.pdf>
- Navarro, M. (2015). Diagnóstico del estado actual de *Swietenia macrophylla* King (Caoba) en los bosques manejados de Quintana Roo, México: perspectivas para su manejo. <https://www.uv.mx/det/files/2012/06/NavarroMartínezMaríaAngélica-Febrero2015.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). El estado de los bosques del mundo. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Otzen, T., y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una población a estudio. *Int. J. Morphol.*, 35(1), 227–232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Oyos, E. (2019). Construcción de modelos alométricos para estimación de contenido de carbono en plantaciones de Nogal (*Juglans neotrópico*) con y sin asociación de café (*Coffea sp.*), Cantón Pimampiro. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9884/2/03 FOR 290 TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9884/2/03_FOR_290_TRABAJO_GRADO.pdf)
- Pajuelo, A. (2021). Caracterización molecular de seis poblaciones de Caoba (*Swietenia macrophylla King*) en el Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4772/pajuelo-romero-aaron-hernan.pdf?sequence=1&isAllowed=>
- Panaifo, M. (2019). Crecimiento diamétrico, área basal y volumen del bosque del arboretum “El huayo” del centro de investigación y enseñanza forestal (CIEFOR), Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6592/Mario_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Patiño, S., Suárez, L., Andrade, H., y Segura, M. (2018). Captura de carbono en biomasa en plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Armero-Guayabal, Tolima, Colombia. *Revista de Investigación. Agraria y Ambiental*, 9(2), 121–131. <https://doi.org/10.22490/21456453.231>
- Paty, E., Moreno, F., y Álvarez. (2017). Contenido de carbono en un bosque de tierra firme del resguardo Nonuya-Villazul, Amazonía colombiana. *Colombia Forestal*, 20(2), 144–157. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/11188/12768>

- Pazmiño, A., y Pinargote, M. (2018). Evaluación de la captura de carbono como criterio para la conservación del ceibo (*Ceiba trichistandra*) del Jardín Botánico de la UTM. <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/842/TTMA15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peña, G. (2021). Niveles de captura de carbono de las especies forestales maderables y no maderables de los parques - jardines de la ciudad de Moyobamba [Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto]. [https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/4113/ING. ¿AMBIENTAL - Giannina Marlith Peña Erazo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/4113/ING.¿AMBIENTAL-Giannina%20Marlith%20Peña%20Erazo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pérez, J., Fernández, M., y De la Nuez, D. (2021). Criterios e indicadores de gestión forestal por la excelencia. *Revista de Ciencias Ambientales*, 9(1), 140–166. <https://doi.org/10.15359/RCA.54-1.8>
- Quintana, J. (2016). Producción de plántulas de Caoba (*Swietenia macrophylla King*) inoculadas como suelo rizosférico nativo de la selva mediana en el Sur de Quintana Roo. http://www.zonamaya.tecnm.mx/web_biblio/archivos/res_prof/for/for-2016-6.pdf
- Racelis, E., Racelis, D., y Luna, A. (2019). Carbon sequestration by large leaf Mahogany (*Swietenia macrophylla King*) Plantation in Mount Makiling Forest Reserve, Philippines: A decade after. *Journal of Environmental Science and Management*, 22(1), 67–76. <https://ovcre.uplb.edu.ph/journals-uplb/index.php/JESAM/article/view/88/68>
- Raffo, D., Curetti, M., Segatori, A., Villarreal, P., y Toranzo, J. (2019). Parcela frutícola de manzano y peral. 2019–2021.
- Ramírez, G., Botello, F., y Navarro, A. (2020). Idoneidad de hábitat para *Swietenia macrophylla* en escenarios de cambio climático en México. *Madera y Bosques*, 26(3), 1–13. <https://doi.org/10.21829/MYB.2020.2631954>

- Retana, L., Méndez, A., Sánchez, H., Montero, W., Barquero, A., y Hernández, L. (2019). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un bosque primario intervenido de la zona protectora El Rodeo, Costa Rica. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 341–353. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/464/pdf>
- Reyes, N., Rodríguez, G., Del Valle, E., Jiménez, C., y Rincón, J. (2022). Estimación de variables dasométricas en rodales bajo manejo forestal con vehículos aéreos no tripulados. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 13(1). <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/3299/4403>
- Roa, Y. (2020). Distribución espacial, factores y tasas de emisión de CH₄ y CO₂ de los cultivos de arroz en Colombia [Pontificia Universidad Javeriana Colombia]. [https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/52514/Distribución espacial%2C factores y tasas de emisión de gases efecto invernadero %28CH4%2C CO2%29 a la atmosfera por parte de cultivos de arroz en Colombia. .pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/52514/Distribuci%20espacial%2C%20factores%20y%20tasas%20de%20emisi%20n%20de%20gases%20efecto%20invernadero%28CH4%2C%20CO2%29%20a%20la%20atmosfera%20por%20parte%20de%20cultivos%20de%20arroz%20en%20Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodríguez, A., y Pérez, J. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. 179–200. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Rodríguez, L., Galván, O., y Rosado, E. (2020). Metodología para la medición del diámetro del fuste y cálculo de área y volumen de árboles. *Maestro y Sociedad*, 18(4), 1398–1407. <https://maestrosociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/5424/5099>
- Rojas, A., y Hine, A. (2019). Micropropagación de clones superiores de caoba (*Swietenia macrophylla King*) a partir de segmentos nodales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(2), 47–59. <https://doi.org/10.15359/RCA.53-2.3>
- Romero, F. (2015). Determinación de la captura de carbono en dos sistemas de pastos mejorados en el Distrito San Silvestre de Cochán Provincia de San Miguel-Cajamarca.

[https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1556/tesis_Captura de carbono.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1556/tesis_Captura_de_carbono.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ruíz, J., Arteaga, M., Campos, S., y Chico, J. (2020). Establecimiento de un protocolo de desinfección y micropropagación in vitro de “caoba” *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). *Arnaldoa*, 27(1), 141–156. <https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.271.27107>

Ruíz, L. (2017). Los árboles de Caoba tendrán un respiro por 10 años. <https://fundaciónlaiguana.org/prohibición-tala-árboles-caobas/>

Rupertí, R., Bello, V., Loor, Y., y Ayón, C. (2022). Captura de carbono del arbolado de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 5, e262. <https://doi.org/10.46380/rias.vol5.e262>

Saavedra, H. (2021). Plan de reforestación con especies nativas en la cuenca baja del Río Súa del Cantón Atacames [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. [https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/2886/1/Saavedra Egas Hindenbug Dean.pdf](https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/2886/1/Saavedra_Egas_Hindenbug_Dean.pdf)

Sáenz, J., Rueda, A., Benavides, J., Muñoz, J., Castillo, D. (2021). Ecuaciones alométricas, biomasa y carbono en plantaciones forestales tropicales en la Costa de Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(65), 26–44. <https://doi.org/10.29298/RMCF.V12I65.856>

Salas, A. (2018). Métodos estadísticos para la Investigación Científica. In Editorial Grupo Compás (Ed.), Editorial. Grupo Compás. <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/240>

Salgado, M., Ruíz, B., Moreno, J., Martínez, I., y Aguirre, J. (2018). Captura de carbono en biomasa de árboles de sombra asociados a *Coffea arabica* L. en el Soconusco Chiapas, México. *Agro Productividad*, 11(2), 120–126. <https://mail.revista->

agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/136/114

Sánchez, J. (2022). Importancia de la conservación de los bosques tropicales.

<https://www.ecologiaverde.com/por-que-es-importante-la-conservación-de-los-bosques-tropicales-1480.html>

Salvado, I. (2016). Tipos de muestreo.

<http://www.bvs.hn/Honduras/Embarazo/Tipos.de.Muestreo.Marzo.2016.pdf>

Sistema Europeo de Indicadores Turísticos. (2016). Herramienta del ETIS para la gestión de destinos sostenibles. <https://doi.org/10.2873/683262>

Sorgato, V. (2017). Ecuador: tala ilegal amenaza la veda de caoba decretada por el

gobierno. <https://es.mongabay.com/2017/11/ecuador-tala-ilegal-amenaza-la-veda-caoba-decretada-gobierno/>

Soto, M. (2016). Los bosques guardan el 54% del carbono. Medio Ambiente.

<https://www.nación.com/ciencia/medio-ambiente/los-bosques-maduros-guardan-el-54-del-carbono/4ZXWDWEIGVFDNDDEUDGBMFWVI/story/>

Tapullima, A. (2022). Efecto de extractos vegetales en el control de *Hypsipyla*

grandella Zéller, establecido bajo sistemas agroforestales con caoba (*Swietenia macrophylla* King). Universidad Nacional de San Martín.

<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/4398/Tesis%20Agronom%c3%ada.%20Angela%20Tapullima.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tenorio, M. (2018). Evaluación de cuatro sustratos para la reproducción sexual de

Swietenia macrophylla (Caoba) en el vivero de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la Ciudad Riobamba, Provincia de Chimborazo.

<http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/10374/1/33T0209.pdf>

Torres, J., Mena, V., y Álvarez, E. (2017). Carbono aéreo almacenado en tres

bosques del Jardín Botánico del Pacífico, Chocó, Colombia. *Ciencias Agrarias*, 13(1), 200–209. <https://doi.org/10.18041/ENTRAMADO.2017V13N1.25110>

- Vargas, G. (2019). Biomecánica de los árboles: crecimiento, anatomía y morfología. *Madera y Bosques*, 25(3). <https://doi.org/10.21829/MYB.2019.2531712>
- Vásconez, N. L., y Sevilla, H. C. (2018). Uso de sensores remotos en mediciones forestales. *European Scientific Journal*, ESJ, 14(15), 58. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n15p58>
- Vela, F. (2019). Composición florística y estructura de bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de La Selva, en parcela permanente de medición, Tingo, María-Perú. [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1658/TS_VPF_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yépes, A., Herrera, J., Phillips, J., y Cabrera, E. (2015). Contribución de los bosques tropicales de montaña en el almacenamiento de carbono en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 69–82. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442015000100007&script=sci_abstract&tlng=es

ANEXOS

Anexo 1-A. Ficha de observación del Área del Bosque politécnico.

ANEXO 1. FICHA DE OBSERVACIÓN

 ESPAMMFL <small>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ</small>	
FICHA DE OBSERVACIÓN	
N° Observación	1
Área de observación:	Bosque
Fecha:	05/05/2022
DESCRIPCIÓN	
<p>El bosque politécnico fue la primera área de estudio que se generó en el curso, donde se encontraron 237 individuos de caoba (Swietenia macrophylla), se encontraron árboles jóvenes y adultos que variaron los tamaños desde 5 hasta 28 m aproximadamente en la zona de estudio.</p>	

Anexo 1-B. Ficha de observación del Área CIIDEA de la ESPAM MFL.

ANEXO 1. FICHA DE OBSERVACIÓN

 ESPAMMFL <small>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ</small>	
FICHA DE OBSERVACIÓN	
N° Observación	2
Área de observación:	CIIDEA
Fecha:	10/05/2022
DESCRIPCIÓN	
<p>CIIDEA fue la segunda área de estudio donde se encontró la mayor cantidad de individuos de caoba con 1239. Se encontraron árboles jóvenes que variaron sus alturas desde 3 hasta 16 m. aprox.</p>	

Anexo 1-C. Ficha de observación del Área Agroindustrial de la ESPAM MFL

ANEXO 1. FICHA DE OBSERVACIÓN


ESPAM MFL
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANUEL MARTEL FLORES LÓPEZ

FICHA DE OBSERVACIÓN

N° Observación	3
Área de observación:	Área agroindustrial
Fecha:	30/05/2022

DESCRIPCIÓN

El área agroindustrial por la última zona de estudio, se encontraron 161 individuos de caoba, además, los árboles que se encontraron fueron muy jóvenes que su altura varían desde 2 hasta 5 m aproximadamente.

Anexo 2. Matriz de registro del bosque de la ESPAM MFL.

N°	Datos dendrométricos		Coordenadas	
	DAP (m)	Altura (m)	X	Y
1	0,83	13,4	591241	9908056
2	0,41	7,36	591239	9908060
3	0,58	10,77	591245	9908075
4	0,29	6,8	591244	9908064
5	0,36	8,15	591244	9908045
6	0,35	7,66	591243	9908036
7	0,36	9,23	591244	9908033
8	0,38	12,47	591244	9908028

9	0,41	13,59	591242	9908021
10	0,58	7,48	591247	9908013
11	0,52	13,89	591247	9908018
12	0,3	13,78	591247	9908022
13	0,62	14,05	591247	9908031
14	0,42	12,98	591248	9908035
15	0,56	14,36	591248	9908047
16	0,59	15,68	591249	9908048
17	0,51	14,16	591249	9908036
18	0,29	9,18	591248	9908053
19	0,26	5,99	591250	9908058
20	0,51	7,67	591250	9908065
21	0,45	9,77	591247	9908072
22	0,5	9,98	591249	9908078
23	0,31	8,88	591248	9908085
24	0,34	7,17	591249	9908089
25	0,37	10,19	591249	9908095
26	0,44	9,28	591249	9908098
27	0,44	9,88	591249	9908104
28	0,48	10,72	591249	9908112
29	0,35	7,09	591249	9908118
30	0,22	5,51	591249	9908120
31	0,37	7,11	591249	9908123
32	0,54	8,1	591250	9908130

33	0,37	9,67	591251	9908136
34	0,36	8,14	591250	9908147
35	0,58	9,91	591253	9908144
36	0,44	8,86	591255	9908139
37	0,51	7,15	591255	9908134
38	0,58	9,86	591256	9908129
39	0,36	7,94	591256	9908124
40	0,4	10,15	591256	9908120
41	0,33	9,22	591254	9908103
42	0,42	9,69	591254	9908100
43	0,35	9,97	591254	9908095
44	0,44	10,6	591254	9908091
45	0,39	9,71	591255	9908086
46	0,35	9,55	591257	9908080
47	0,72	12,15	591256	9908076
48	0,29	11,1	591256	9908073
49	0,37	11,5	591255	9908070
50	0,47	8,35	591254	9908063
51	0,36	7,37	591255	9908057
52	0,4	13,3	591255	9908055
53	0,27	6,84	591255	9908051
54	0,27	8,17	591255	9908045
55	0,24	5,1	591254	9908037
56	0,25	5,19	591254	9908030

57	0,23	6,18	591255	9908008
58	0,23	6,15	591259	9908005
59	0,46	9,67	591259	9908008
60	0,19	5,23	591259	9908015
61	0,2	5,89	591259	9908030
62	0,23	5,98	591258	9908034
63	0,46	7,19	591258	9908040
64	0,27	8,38	591258	9908044
65	0,29	7,73	591260	9908048
66	0,29	7,93	591260	9908061
67	0,43	9,68	591260	9908068
68	1,35	31,05	591260	9908073
69	1,25	29,17	591260	9908075
70	0,75	18,5	591260	9908077
71	1,12	27,33	591259	9908080
72	1,26	29,41	591260	9908082
73	1,22	32,5	591260	9908091
74	1,1	30,26	591260	9908097
75	1,76	35,02	591260	9908108
76	1,61	37,08	591259	9908115
77	1,34	32,8	591260	9908121
78	0,85	20,1	591259	9908124
79	1,09	32,15	591258	9908130
80	1,19	26,1	591259	9908135

81	1,51	36,9	591259	9908142
82	1,55	36,1	591259	9908145
83	1,22	25,9	591262	9908146
84	0,59	18,19	591263	9908141
85	0,69	14,56	591262	9908136
86	0,65	13,33	591264	9908131
87	0,85	19,35	591265	9908122
88	1,03	21,2	591264	9908111
89	0,58	12,35	591266	9908104
90	1,05	23,8	591265	9908099
91	0,77	18,4	591264	9908096
92	1	25,92	591255	9908094
93	1,34	33,66	591266	9908088
94	0,72	13,1	591265	9908085
95	0,72	16,73	591264	9908088
96	0,55	13,55	591263	9908071
97	1,05	26,38	591263	9908069
98	1,74	33	591264	9908062
99	0,86	23,42	591265	9908055
100	0,9	21,9	591263	9908046
101	0,61	20,1	591262	9908040
102	1,2	27,88	591262	9908036
103	0,85	26,1	591263	9908026
104	0,96	30,15	591263	9908021

105	1,24	34	591263	9908015
106	1,07	31	591263	9908006
107	0,42	9,1	591266	9908004
108	1	22	591267	9908006
109	0,66	17	591267	9908022
110	1,35	32,08	591267	9908024
111	0,62	13,5	591268	9908029
112	1,81	31	591268	9908039
113	0,98	35,1	591268	9908046
114	1,66	28,7	591269	9908051
115	1,45	34,9	591269	9908057
116	0,88	23,17	591269	9908064
117	0,97	22,14	591270	9908067
118	0,72	16,2	591269	9908071
119	0,97	15	591270	9908076
120	1,39	32	591270	9908077
121	0,6	26,45	591270	9908079
122	0,68	26,77	591271	9908083
123	1,46	29,1	591272	9908095
124	0,77	33,22	591270	9908099
125	1,42	31,09	591260	9908109
126	1,26	31,4	591269	9908115
127	0,89	28,06	591269	9908122
128	1,03	25,5	591268	9908125

129	1,26	33,13	591269	9908127
130	0,83	20,78	591270	9908137
131	0,8	18,89	591270	9908143
132	1,37	34,05	591277	9908143
133	1,61	35,6	591276	9908138
134	1,21	35,25	591277	9908135
135	1,13	35,6	591276	9908128
136	1,19	19,15	591275	9908123
137	1,21	23,15	591275	9908118
138	0,9	20,66	591277	9908113
139	0,71	19,12	591276	9908107
140	1,22	28,42	591275	9908101
141	0,63	15,6	591275	9908097
142	0,94	17,55	591275	9908093
143	1,08	18,5	591274	9908087
144	0,73	25,19	591275	9908083
145	0,63	19,77	591275	9908079
146	0,82	26,12	591275	9908065
147	0,94	22,1	591275	9908069
148	1,09	35	591275	9908064
149	1,01	31,06	591275	9908049
150	0,8	24,17	591274	9908044
151	0,94	26,73	591274	9908035
152	0,67	28	591274	9908031

153	0,81	19,15	591275	9908028
154	0,66	17,05	591274	9908018
155	1,23	19,4	591273	9908014
156	1,56	31,98	591274	9908007
157	1,38	32,09	591278	9908013
158	0,59	8,71	591279	9908018
159	0,7	12,14	591280	9908021
160	1,72	21,34	591280	9908025
161	1,26	23,66	591279	9908030
162	1,7	26,07	591279	9908039
163	0,52	13,77	591279	9908048
164	0,81	16,33	591282	9908046
165	0,63	15,8	591284	9908040
166	1,06	18,38	591284	9908036
167	0,76	15,4	591285	9908026
168	0,98	19,21	591285	9908012
169	1,04	18,37	591285	9908996
170	0,66	14,72	591289	9908005
171	1,41	24,47	591289	9908009
172	1,15	25,82	591288	9908014
173	0,74	8,15	591288	9908024
174	1,77	22,18	591289	9908044
175	1,38	26,33	591290	9908050
176	1,17	33,19	591290	9908054

177	0,63	18,22	591288	9908062
178	0,68	17,9	591288	9908067
179	0,93	30,62	591289	9908072
180	0,72	30,88	591289	9908074
181	1,33	28,25	591288	9908067
182	0,88	24,04	591290	9908083
183	1,27	26,17	591291	9908088
184	1,19	25,9	591290	9908097
185	0,85	23,15	591290	9908098
186	0,54	17,38	591288	9908103
187	1,38	34,09	591288	9908109
188	1	19,18	591288	9908121
189	0,66	14,21	591288	9908124
190	1,01	25,13	591289	9908129
191	0,78	16,38	591289	9908135
192	0,76	16,29	591294	9908135
193	0,96	19,7	591294	9908121
194	1,17	23,33	591294	9908119
195	1,03	30,02	591294	9908115
196	0,98	19,88	591294	9908108
197	1,28	28,8	591294	9908102
198	0,99	18,9	591294	9908099
199	0,88	20,11	591294	9908098
200	0,48	13,25	591295	9908092

201	0,7	17,8	591293	9908085
202	0,92	19,16	591292	9908081
203	0,82	21	591292	9908079
204	1,48	32,07	591292	9908071
205	0,52	17,3	591294	9908063
206	0,86	19,9	591294	9908055
207	0,76	27,28	591294	9908049
208	1,23	26,1	591294	9908044
209	0,63	18,15	591293	9908038
210	1,27	23,8	591293	9908027
211	1,12	25,11	591294	9908022
212	0,59	19,8	591299	9908044
213	1,04	26,3	591299	9908050
214	0,7	20,13	591299	9908054
215	0,8	21,35	591299	9908059
216	1,4	29,18	591299	9908062
217	1,75	30,8	591299	9908068
218	1,04	21,15	591299	9908074
219	0,58	12,9	591299	9908076
220	1,21	23,8	591300	9908079
221	0,97	26,15	591300	9908087
222	0,75	18,9	591299	9908092
223	1,13	24,2	591299	9908096
224	0,85	22,9	591299	9908103

225	1,2	23,1	591300	9908105
226	1,19	22,92	591299	9908113
227	1,29	19	591301	9908117
228	0,62	16,35	591301	9908126
229	1,4	25,6	591300	9908134
230	0,84	17,93	591298	9908133
231	0,88	19,15	591301	9908130
232	0,92	21,05	591303	9908125
233	0,96	22,18	591302	9908119
234	1,08	18,4	591305	9908113
235	0,78	20,18	591304	9908109
236	0,92	23	591304	9908104
237	1,12	23,19	591304	9908099
238	1,4	26,9	591303	9908098
239	1,21	27,82	591304	9908089
240	0,7	25,35	591305	9908085
241	1,07	26,32	591304	9908079
242	0,92	20,9	591309	9908096
243	1,33	26,91	591307	9908104
244	1,42	25,9	591306	9908109
245	1,1	23,2	591307	9908116
246	0,73	28,7	591307	9908121
247	1,12	21	591308	9908127
248	0,63	30,16	591313	9908130

249	2,58	25,9	591313	9908127
250	1,23	24,82	591314	9908121
251	1,12	22,25	591314	9908116
252	2,78	18,19	591241	9908056
253	0,6	20,23	591239	9908060
254	1,1	21,35	591245	9908075
255	2,76	19,9	591244	9908064
256	1,14	30,19	591244	9908045
257	1,62	32,18	591243	9908036
Promedio	0,87	19,99	-	-

Anexo 3. Acuerdo Ministerial N° 90 sobre la veda de la caoba.



ACUERDO MINISTERIAL No. 090

Tarsicio Granizo Tamayo
Ministro del Ambiente

Considerando:

- Que,** el artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay* y además declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados;
- Que,** el artículo 57 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce y garantiza a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, entre otros derechos colectivos los siguientes: 1) Mantener, desarrollar y fortalecer libremente su identidad, sentido de pertenencia, tradiciones ancestrales y formas de organización social; 5) Mantener la posesión de las tierras y territorios ancestrales y obtener su adjudicación gratuita y 6) Participar en el uso, usufructo, administración y conservación de los recursos naturales renovables que se hallen en sus tierras;
- Que,** el primer inciso del artículo 71 de la Constitución de la República del Ecuador, establece que la naturaleza tiene derecho a que respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos;
- Que,** los numerales 7 y 11 del artículo 261 de la Constitución de la República del Ecuador, establecen que el Estado central tendrá competencias exclusivas sobre las áreas naturales protegidas, los recursos energéticos; minerales, hidrocarburos, hídricos, biodiversidad y recursos forestales;
- Que,** el numeral 1 del artículo 395 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce como principio ambiental que el Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras;
- Que,** el artículo 396 de la Constitución de la República del Ecuador establece que el Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre


EFZRSWYUFGUUSILMUJUCPSPCFF



Provinciales Ambientales, se abstengan de aprobar planes y programas de aprovechamiento forestal en los que se incluyan las especies Caoba y Cedro, hasta que se disponga de la información de los resultados de las investigaciones que se están realizando en relación con evaluar las poblaciones naturales de estas dos especies;

- Que,** mediante memorando Nro. MAE-DISE-2016-3445 de fecha 23 de noviembre de 2016 se hace la entrega del documento "Análisis de viabilidad de aprovechamiento de *Swietenia macrophylla* (caoba/ahuano) y las especies del género *Cedrela* (cedro) para Ecuador", el cual recopila la información levantada en territorio y analizada por esta Cartera de Estado desde el año 2013 hasta el 2016, estudio que concluye que: "en el caso de *Swietenia macrophylla* no es viable el aprovechamiento forestal, porque actualmente las poblaciones naturales del Ecuador están catalogadas En Peligro Crítico, según los criterios de la Lista Roja de la UICN a nivel nacional. Por otra parte, el aprovechamiento que se ha realizado sobre la especie, por medio de tala selectiva, no ha favorecido su regeneración natural, como se observó en la zona piloto de Mangalpa (Pastaza), después de 14 años del aprovechamiento. Además, con los datos obtenidos en la zona de bosque no intervenido en Uyuimi (Pastaza), actualmente no es posible afirmar que se puede realizar un manejo forestal. Con respecto al género *Cedrela*, todas las especies registradas para Ecuador están Amenazadas según los criterios de la Lista Roja de la UICN a nivel nacional. Además, por los problemas taxonómicos de identificación entre especies de este género y debido a que aún no se implementa el sistema de trazabilidad de la madera en el país, actualmente no es aconsejable, el aprovechamiento de las poblaciones naturales de la cinco especies del género *Cedrela* registradas para Ecuador. No obstante, el aprovechamiento de estas especies sería viable a través del manejo de plantaciones y cuando se implemente el sistema de trazabilidad de la madera";
- Que,** mediante memorando No.MAE-DNF-2017-2976-M, de fecha 12 de junio de 2017, la Dirección Nacional Forestal remitió a la Coordinación General Jurídica el Informe Técnico de Procedencia para la propuesta de Acuerdo Ministerial para la Veda de la especie *Swietenia macrophylla* (caoba/ahuano) para evitar el riesgo de una posible extinción de esta especie en el Ecuador;
- Que,** mediante memorando No. MAE-CGJ-2017-1111-M, de fecha 26 de junio de 2017, la Coordinación General Jurídica remitió a la Dirección Nacional Forestal, las observaciones realizadas a los documentos propuestos a fin de que sean tomadas en cuenta previo a continuar con el trámite correspondiente;
- Que,** mediante memorando No.MAE-DNF-2017-3402-M, de fecha 30 de junio de 2017, la Dirección Nacional Forestal remitió a la Coordinación General Jurídica la propuesta de Acuerdo Ministerial para la veda de la especie *Swietenia macrophylla* (caoba/ahuano) e Informe Técnico de Procedencia, una vez que se ha acogido las observaciones realizadas por dicha coordinación; y,


SECRETARÍA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN

Página 4 de 6


SECRETARÍA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN

Página 2 de 6



Que, mediante memorando No. MAE-DNF-2017-4591-M de fecha 23 de agosto de 2017, se remite un alcance al Informe Técnico de Procedencia para la propuesta de Acuerdo Ministerial para la veda de la especie *Swietenia macrophylla* (caoba/ahuano), luego de realizado el proceso de socialización con las comunidades locales, donde se encuentran las subpoblaciones de esta especie y recolectados insumos con los actores en territorio.

En ejercicio de las atribuciones que confiere el numeral 1 del Artículo 154 de la Constitución de la República del Ecuador y el artículo 17 del Estatuto del Régimen Jurídico y Administrativo de la Función Ejecutiva;

ACUERDA:

Art. 1.- Establecer en todo el territorio continental del Ecuador, la veda de la especie *Swietenia macrophylla* (caoba/ahuano), entendiéndose como tal la prohibición de la corta de árboles y aprovechamiento de la referida especie, sus partes o derivados fácilmente identificables, por el plazo de diez (10) años.

Art. 2.- La veda de la especie *Swietenia macrophylla* (caoba/ahuano) se aplicará indistintamente para las poblaciones existentes que se encuentren en bosque natural, regeneración natural, árboles relictos y otras formaciones vegetales silvestres.

Art. 3.- Se excluyen de este Acuerdo Ministerial las plantaciones forestales de especies CITES, mismas que continúan bajo la aprobación de la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 4.- El incumplimiento a las disposiciones establecidas en el presente Acuerdo, será sancionado de conformidad con la normativa aplicable.

DISPOSICIONES GENERALES

PRIMERA.- La Autoridad Ambiental Nacional, elaborará e implementará un Plan de Acción para la conservación y alternativas de manejo integral sostenible de los recursos naturales existentes en las comunidades locales ubicadas en las zonas en las que se encuentran las poblaciones naturales de la especie *Swietenia macrophylla* (caoba/ahuano), para fomentar e impulsar en estas zonas, actividades de desarrollo sostenible como turismo ecológico, investigación, bioemprendimientos y biocomercio que permitirán aprovechar las oportunidades y potencialidades de las comunidades locales.

SEGUNDA.- Durante el tiempo que dure la veda, la Autoridad Ambiental Nacional implementará las acciones técnico-administrativas que permitan determinar la necesidad de reducir o ampliar su vigencia.


EF:068WUFAUCJUSILMJAUCPSIPCFF



DISPOSICIÓN TRANSITORIA

La Autoridad Ambiental Nacional priorizará la realización de estudios para conocer el estado poblacional de la especie *Swietenia macrophylla*, para determinar si existe amenaza o riesgo de extinción. Dichos estudios se realizarán en un plazo de tres (3) años, contados a partir de la suscripción del presente acuerdo ministerial.

En caso de no contar con los estudios técnicos pertinentes, el presente acuerdo mantendrá su vigencia durante cinco (5) años más.

DISPOSICIÓN FINAL

Encárguese de la ejecución del presente Acuerdo a la Dirección Nacional Forestal, a las Direcciones de las Coordinaciones Zonales y al personal responsable de las Oficinas Técnicas.

El presente Acuerdo Ministerial entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial.

Comuníquese y publíquese.-

Dado en Quito, a 05 OCT 2017

Tarsicio Granizo Tamayo
Ministro del Ambiente

Área	Responsable	Sumilla
DMF	Jessica Coronel	
DMF	Fernando Prieto	
DMF	Pablo Carpio	
DMF	Patricio Suárez	
SUA	Joseth Santiana	
SUA	Luis Muñoz	
SUA	Juan Iglesias	
SUA	Dagner Jiménez	
CGJ	Fernanda Manopanta	
CGJ	Verónica Larroche	
CGJ	Silvia Viquez	
SPN	Zack Romo	
Asesor Jurídico	Esteban Falcón	

EFZRSWVUFMBUJSLMNUO#SPCFP

Anexo 4. Formulario para la valoración de expertos en tema de conservación.



EVALUACIÓN DE PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN PARA LA ESPECIE DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King)

EL SIGUIENTE CUESTIONARIO TIENE COMO OBJETIVO EVALUAR DESDE EL PUNTO DE VISTA LAS ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN PARA LA ESPECIE DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) PLANTEADAS EN EL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR **CAPTURA DE CARBONO COMO CRITERIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM-MFL**

EN UNA ESCALA DE 1 A 5, DONDE 1 SIGNIFICA MUY MALO, 2 MALO, 3 REGULAR, 4 BUENO Y 5 MUY BUENO, RESPONDER LAS SIGUIENTES PREGUNTAS.

gema.ganchozo@espam.edu.ec [Cambiar cuenta](#)



*Obligatorio

Correo electrónico *

LOS CRITERIOS:

*

1. CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA
2. MANTENIMIENTO DE LA SANIDAD Y VITALIDAD DE LOS MEDIOS FORESTALES.
3. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN A LOS CICLOS GLOBALES DEL CARBONO

¿CONSIDERA USTED ESTAN ADECUADOS PARA LA CONSERVACIÓN DEL CAOBA (*Swietenia macrophylla* King)?

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

Anexo 4. Formulario para la valoración de expertos en tema de conservación.

PARA EL CRITERIO DE **CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA** SE HA ESTABLECIDO LA SIGUIENTE MATRIZ, ¿CONSIDERA USTED QUE ESTAN ACORDE LAS ESTRATEGIAS PLANTEADAS CON EL CRITERIO EVALUADO? *

CRITERIOS	ESTRATEGIAS	ACCIONES	DURACIÓN	FORMA DE MONITOREO	
Conservación de la diversidad biológica	Mejora de las bases para el conocimiento de la presencia, estado y previsible evolución de la especie (<i>Sweetenia macrophylla</i> King)	Actualización y realización de inventarios de espacios, flora y fauna, incorporando sistemas de información geográfica.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> Registro de informe de inventario Visitas técnicas Ficha de observación 	
		Continuar con la realización de censos y seguimiento de especies en el campus politécnico.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> Visitas técnicas Ficha de observación Registros fotográficos de las especies 	
	Generar alternativas económicas que incentiven la conservación de la Caoba.	Establecer mecanismos para la comercialización sostenible de semillas de Caoba como incentivo económico para conservación de la especie.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> Facturas de adquisición de las semillas Registro fotográfico 	
	Crear un programa de educación y divulgación dirigido a destacar la importancia ecológica de la Caoba, de tal manera que los diferentes actores contribuyan a implementar programas de conservación de la especie.	Generación de material divulgativo sobre la importancia de conservación de la Caoba y sus beneficios	Corto a mediano plazo	<ul style="list-style-type: none"> Trípticos, afiches, entre otros Registro fotográfico de la socialización 	
Difundir la estrategia de conservación y manejo de la Caoba utilizando diversos medios nuevos de comunicación		Corto a mediano plazo	<ul style="list-style-type: none"> Trípticos, afiches, entre otros Registro fotográfico de la socialización 		
	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

PARA EL CRITERIO **MANTENIMIENTO DE LA SANIDAD Y VITALIDAD DE LOS MEDIOS FORESTALES** SE HA ESTABLECIDO LA SIGUIENTE MATRIZ, ¿CONSIDERA USTED QUE ESTAN ACORDE LAS ESTRATEGIAS PLANTEADAS CON EL CRITERIO EVALUADO? *

CRITERIOS	ESTRATEGIAS	ACCIONES	DURACIÓN	FORMA DE MONITOREO	
Mantenimiento de la sanidad y vitalidad de los medios forestales	Establecer un programa de monitoreo de poblaciones de Caoba en el campus politécnico de la ESPAM MFL	Establecimiento de parcelas permanentes para el monitoreo de la dinámica y ecología de poblaciones de Caoba.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> Registro de informe Fichas Visitas técnicas Entrevistas 	
		Realizar programas de Enriquecimiento y monitoreo de individuos de Caoba en bosques naturales	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> Registro de informes de monitoreo Fichas de observación Registro fotográfico 	
	Mejora de conocimiento del control de especies exóticas invasoras	Elaborar directrices o planes para evitar la introducción de estas especies, especialmente en los labores de revegetación de espacios	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> Registro fotográfico de las directrices o planes 	
	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

PARA EL CRITERIO **MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN A LOS CICLOS GLOBALES DEL CARBONO** SE HA ESTABLECIDO LA SIGUIENTE MATRIZ, ¿CONSIDERA USTED QUE ESTAN ACORDE LAS ESTRATEGIAS PLANTEADAS CON EL CRITERIO EVALUADO? *

CRITERIOS	ESTRATEGIAS	ACCIONES	DURACIÓN	FORMA DE MONITOREO	
Mantenimiento y conservación de la contribución a los ciclos globales del carbono	Establecer un programa de educación y comunicación dirigido a la comunidad de la ESPAM MFL sobre la importancia que tienen las poblaciones de caoba sobre la captación de carbono.	Realizar talleres informativos sobre el almacenamiento de carbono que puede tener cada individuo de caoba.	Corto a mediano plazo	<ul style="list-style-type: none"> Registros fotográficos Evidencias tríplicas 	
		Rehabilitación de áreas degradadas sometidas a ciclos sucesivos de uso del fuego y cultivos, y con poco tiempo de barbecho, que afecta la capacidad de regeneración del suelo.	Todo el año	<ul style="list-style-type: none"> Registro fotográfico de las plantaciones de caoba 	
	1	2	3	4	5
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anexo 4. Formulario para la valoración de expertos en tema de conservación.

¿USTED ESTA DE ACUERDO CON LAS ESTRATEGIAS PLANTEADAS PARA CADA *
UNO DE LOS CRITERIOS ANALIZADOS ANTERIORMENTE?

1 2 3 4 5

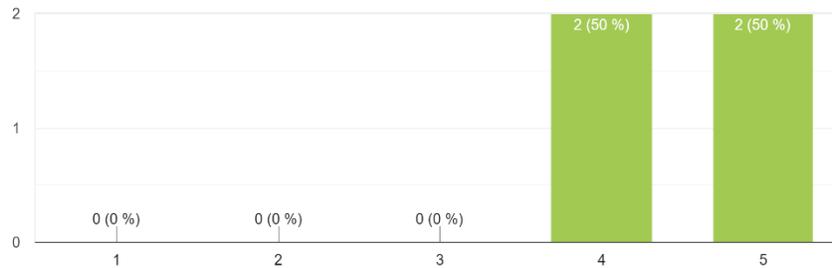
DESDE SU OPINIÓN COMO PROFESIONAL, NOS GUSTARIA CONOCER ALGUNA
OTRA PROPUESTA DE ESTRATEGIA QUE USTED CONSIDERARIA ADECUADA PARA
LOS CRITERIO DE CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE DE LA CAOBA (*Swietenia
macrophylla* King)

Tu respuesta

Anexo 5. Resultados de las encuestas en función a las estrategias planteadas para la conservación de la caoba a los expertos.

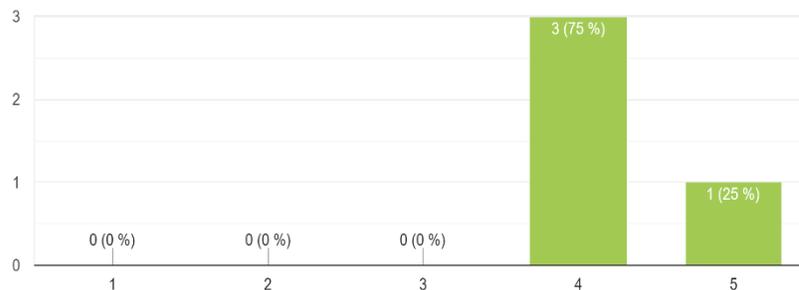
LOS CRITERIOS: 1. CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA 2. MANTENIMIENTO DE LA
SANIDAD Y VITALIDAD DE LOS MEDIOS FORESTALES...IÓN DEL CAOBA (*Swietenia macrophylla* King)?

4 respuestas



PARA EL CRITERIO DE CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA SE HA ESTABLECIDO LA
SIGUIENTE MATRIZ, ¿CONSIDERA USTED QUE ES...IAS PLANTEADAS CON EL CRITERIO EVALUADO?

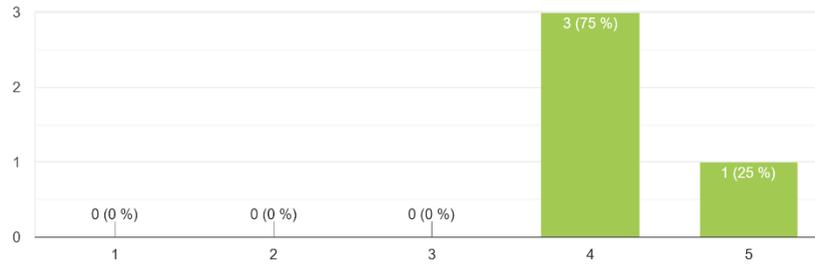
4 respuestas



Anexo 5. Resultados de las encuestas en función a las estrategias planteadas para la conservación de la caoba a los expertos.

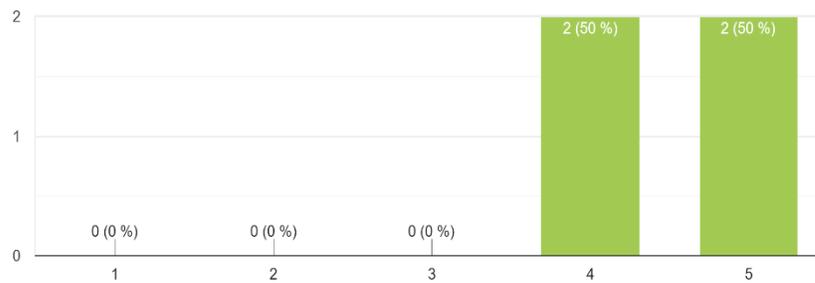
PARA EL CRITERIO MANTENIMIENTO DE LA SANIDAD Y VITALIDAD DE LOS MEDIOS FORESTALES SE HA ESTABLECIDO LA SIGUIENTE...IAS PLANTEADAS CON EL CRITERIO EVALUADO?

4 respuestas



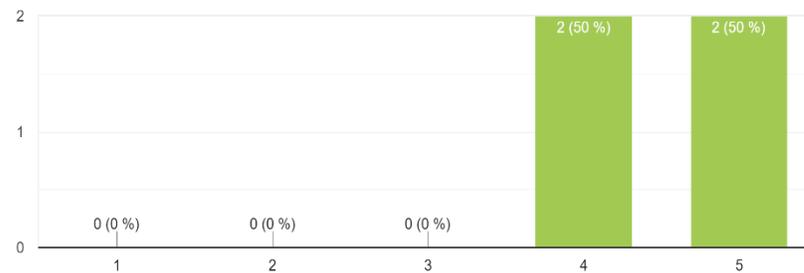
PARA EL CRITERIO MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN A LOS CICLOS GLOBALES DEL CARBONO SE HA ESTABLECIDO L...AS PLANTEADAS CON EL CRITERIO EVALUADO?

4 respuestas



¿USTED ESTA DE ACUERDO CON LAS ESTRATEGIAS PLANTEADAS PARA CADA UNO DE LOS CRITERIOS ANALIZADOS ANTERIORMENTE?

4 respuestas



Anexo 5. Resultados de las encuestas en función a las estrategias planteadas para la conservación de la caoba a los expertos.

DESDE SU OPINIÓN COMO PROFESIONAL, NOS GUSTARÍA CONOCER ALGUNA OTRA PROPUESTA DE ESTRATEGIA QUE USTED CONSIDERARÍA ADECUADA PARA LOS CRITERIO DE CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE DE LA CAOBA (*Swietenia macrophylla* King)

4 respuestas

Incorporar informe técnico o llenar una ficha para la sección de monitoreos donde debe indicarse la edad, altura y grosor del tallo de forma anual

Recomiendo la revisión del Plan de Manejo y Conservación de la Caoba (*Swietenia macrophylla*) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - Colombia 2019. Me pareció muy completa y por ser permanente sus actividades y monitoreo

A nivel de políticas públicas locales alguna ordenanza que incentive la reforestación con este tipo de especies, además de programas en comunidades para el aprovechamiento sostenible de caoba

Como estrategia de micropropagación en laboratorio para banco de germoplasma
Asociarla con otras especies ya que no se recomienda su plantación pura debido al ataque del barrenador, pero sí en combinaciones con otras especies maderables o en líneas de enriquecimiento en bosques

Anexo 6. Georreferenciación de las áreas del Campus Politécnico de la ESPAM MFL.



Anexo 5. Cuantificación de los individuos de caoba presentes en el Campus Politécnico de la ESPAM MFL.

