



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Potencial de Captura de Carbono del Género Swietenia (Caoba).
Revisión Sistemática, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORAS:

De la Cruz De la Cruz, Liz Karen (ORCID: 0000-0002-9810-7177)

Flores Vásquez, Mirian Raquel (ORCID: 0000-0001-8155-2445)

ASESOR:

Mg. Honores Balcázar, Cesar Francisco (ORCID: 0000-0003-3202-1327)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Con todo mi amor y cariño a mis padres, Sinforoso De la Cruz Aguilar y Gloria De la Cruz Quispe, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí.

A mi hermano, por el apoyo moral, que me brindó a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mi prometido, por darme ese empuje y aliento cuando más lo necesitaba para esforzarme día a día y así seguir adelante a pesar de las adversidades.

“De la Cruz De la Cruz, Liz”

Dedico esta investigación a mis abuelos que me acompañan desde el cielo Erineo Vásquez y Néstor Flores, porque con su ejemplo de constancia me ayudo a cumplir esta meta.

A mis padres Moisés Flores y Clara Vásquez, por su confianza y paciencia, a mi hermana Soledad por su constante apoyo y motivación, a mi mamita Gertrudes por su compañía y fuerza.

Finalmente, a mi madrina Genoveva mis tíos Crespín, Carmen y Flora, porque por más distancia siempre conté con sus palabras de aliento.

“Flores Vásquez, Mirian”

Agradecimiento

Agradecemos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO por darnos las herramientas para ser profesionales.

Al asesor de tesis, quien nos supo guiar con sus conocimientos y paciencia para la elaboración de la investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de tablas.....	iv
Índice de gráficos y figuras.....	v
Índice de Abreviaturas.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	22
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.....	22
3.3. Escenario de estudio.....	25
3.4. Participantes.....	25
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.6. Procedimientos.....	26
3.7. Rigor científico.....	29
3.8. Método de análisis de información.....	31
3.9. Aspectos éticos.....	31
IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	32
V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS.....	58
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Formulas para el cálculo de biomasa de las especies maderables.....	9
Tabla 2: Regresión del índice de vegetación (Vis) y AGB basados en parcelas.	12
Tabla 3: Índices de vegetación (VI) y AGB basados en parcelas.	12
Tabla 4: Cantidad de captura de carbono por la especie Swietenia.....	16
Tabla 5: Artículos identificados en la búsqueda de información.	27
Tabla 6: Características fisiológicas de la especie caoba.....	33
Tabla 7: Características fisiológicas de la especie caoba.....	35
Tabla 8: Climas donde se desarrolla la Caoba.	37
Tabla 9: Biomasa aérea para la captura de carbono.....	42
Tabla 10: Tipo de contaminantes controlados por la especie Caoba.	44
Tabla 11: Países del mundo que impulsan el cuidado del medio ambiente.	46

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Procedimiento de captura de carbono.....	5
Figura 2: Características fisiológicas de la caoba en crecimiento.	6
Figura 3: Modelo de siembra de caoba para captura de Carbono	6
Figura 4: Mapas de regiones climáticas del mundo	9
Figura 5: Método de cálculo de la altura del árbol.....	13
Figura 6: Potencial de beneficio de la caoba.....	18
Figura 7: Países con el potencial de <i>Swietenia macrophylla</i> en base al modelo climático MIROC-ES.	20
Figura 8: Diagrama de flujo para la recolección de artículos.....	29
Figura 9: Cantidad de áreas evaluadas.....	40
Figura 10: Mapa satelital que muestra New Corella, Davao del Norte, Filipinas.....	49
Figura 11: Mapa que muestra el sitio de estudio en los distritos de Khulna y Jessore, en Bangladesh.....	50
Figura 12: Tabla de países del mundo impulsados al cuidado del medio ambiente.....	51
Figura 13: Mapa de Países del mundo impulsados al cuidado del medio ambiente.	53

Índice de Abreviaturas

COS: Carbono orgánico del suelo.

CSPI: Índice de potencial de secuestro de Carbono.

CO₂: Dióxido de carbono.

PC: Potencial de carbono.

CO₂: Dióxido de carbono

NO₂: Dióxido de nitrógeno

SO₂: Dióxido de azufre

PM₁₀: Material particulado igual a 10 micras

Resumen

En el mundo existen más de 25 especies de plantas utilizadas para la captura de carbono, desde el año 2010 – 2020 existen más 4,7 millones de hectáreas deforestadas, lo cual agrava la necesidad de utilizar especies de plantas para la captura y reforestación. En ese sentido, el objetivo de la investigación fue “Evaluar el potencial de captura de carbono del género *Swietenia* (Caoba)”. El tipo de diseño de investigación fue narrativo tópic, y la metodología se basó en la técnica de recolección de información utilizado análisis documental de artículos y revistas indexadas. Los resultados mostraron que con la *Swietenia macrophylla* se tiene la captura de carbono de 154,1 Mg ha⁻¹, 1,4 Mg ha⁻¹ y 138,9 Mg ha⁻¹ en parcelas, del mismo modo de 239,8 Mg ha⁻¹ por año en 1800 m². Se concluyó conociendo el potencial de captura de carbono con el uso de la especie Caoba, que permitió reducir la cantidad de contaminantes expuestos en la atmosfera, del mismo modo se determinaron los países del mundo entre ellos México, Francia, China, Honduras, Costa Rica que impulsan el cuidado del ambiente con las siembras de especies de tipo swietenia (caoba).

Palabra clave: Potencial, Captura de carbono, Género *Swietenia*, Caoba.

Abstract

In the world there are more than 25 species of plants used for carbon capture, from 2010 to 2020 there are more than 4.7 million hectares deforested, which aggravates the need to use plant species for capture and reforestation. In this sense, the objective of the research was "Evaluate the carbon sequestration potential of the genus *Swietenia* (Mahogany)". The type of research design was topical narrative, and the methodology was based on the information collection technique using documentary analysis of articles and indexed journals. The results showed that with *Swietenia macrophylla* there is a carbon capture of 154.1 Mg ha⁻¹, 1.4 Mg ha⁻¹ and 138.9 Mg ha⁻¹ in plots, in the same way of 239.8 Mg ha⁻¹ per year in 1800 m². It was concluded knowing the potential of carbon capture with the use of the Mahogany species, which allowed to reduce the amount of pollutants exposed in the atmosphere, in the same way the countries of the world were determined, including Mexico, France, China, Honduras, Costa Rica. that promote care for the environment with the planting of species of the *swietenia* type (mahogany).

Keywords: Potential, Carbon sequestration, Genus *Swietenia*, Mahogany.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas reales que persisten en la actualidad son los problemas sociales y ambientales, provocados por el aumento del cambio climático y el calentamiento global, todo ello provocado por el aumento de la producción de gases tóxicos. Todos los gases en el aire provienen del uso de combustibles en automóviles, minas, refinerías y más. (Nazrul, et al. 2020, p.28-39)

Los gases de efecto invernadero, conocidos como gases de efecto invernadero, son gases que se acumulan en la atmósfera terrestre y tienen la capacidad de absorber la radiación infrarroja del sol, aumentando y atrapando el calor en la atmósfera. En otras palabras, son estos gases en la atmósfera los que causan el calentamiento global (Bester, 2018, p.01).

Respecto a las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), material particulado y metano (gases de efecto invernadero) están presentes en el aire como resultado del consumo final de energía comercial. Por lo tanto, se sabe que los parámetros evaluados muestran tendencias en los gases atmosféricos como NOx en un 77 %, partículas 12%, metano 23% abarcando en toda actividad de refinería petrolera, parque automotor conocido como el corazón de emisiones de gases a la atmósfera (Ganame et al., 2020, p.15).

La principal causa del cambio climático es la emisión masiva de los llamados gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas estima que la principal causa del cambio climático observado en las últimas décadas son probablemente las emisiones antropogénicas, es decir, las emisiones resultantes de las actividades humanas causadas por los humanos (ONU, 2012, p. 08). Para ellos se estimó alternativas de solución en relación de controlar y disminuir los gases que causan el efecto. El Protocolo de Kioto, basado en los principios de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, es un acuerdo de 1997 en el que los países industrializados se comprometieron a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y muchos países están implementando ciclo vías y reduciendo el uso de vehículos, reduciendo

las emisiones de CO₂. Uso de energía solar, entre otros (Naciones Unidas, 2012, p.13).

Asimismo, teniendo en cuenta las circunstancias del problema, se deben buscar posibles soluciones para reducir o eliminar los gases de la atmósfera, donde se utiliza un método eficiente y económico que es la captura de dióxido de carbono con diferentes tipos de especies maderables (Tenorio, et al., 2019, p.34). Grandes bosques ayudan a reducir los gases tóxicos en la atmósfera. De esta forma, las especies del bosque, que son la principal fuente de dióxido de carbono, benefician al medio ambiente evitando el aumento del calentamiento global. (Rojas et al., 2019, p.19).

La reducción de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera es de 10.065 millones de toneladas, lo cual es liderado por China, del mismo modo con ello se logró reducir la demanda de energía, cambiando el uso de la energía o aumentando la tasa de eliminación de dióxido de carbono mediante árboles secuestradores de carbono, que pueden reducir el dióxido de carbono en la atmósfera de forma natural (Sharma et al., 2021, p.10).

Debido a este aumento en la cantidad de este gas nocivo en la atmósfera, el Perú se ha comprometido a controlar el 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por la deforestación generalizada. A menudo utilizado en la agricultura y el pastoreo excesivo, se necesita acción para prevenir el aumento masivo de la deforestación que podría causar el calentamiento global. (Meneses et al., 2019, p.13). Asimismo, la creación de áreas forestales, incluyendo especies de caoba, crea ecosistemas únicos caracterizados por niveles reducidos de gases atmosféricos. De esta forma, se puede promover el desarrollo totalmente sostenible de los bosques para reducir las emisiones de carbono, por lo que es importante evaluar el potencial de este servicio ambiental para capturar carbono de las plantaciones. (Solís et al., 2020, p. 45-48)

En la investigación realizada, consta de categorías planteadas con un determinado análisis, planteada como categoría 1 a las Características de Especie Caoba desarrolladas se acuerdo al tipo de especie, su tiempo de crecimiento hasta ser aprovechable, sus formas de siembra, seguido de las regiones climáticas que cultivan caoba se tuvo en cuenta de acuerdo a los climas que la planta facilita el desarrollo

como en climas húmedos, climas secos, climas tropicales. Además de la Captura de carbono basándose en los porcentajes absorbidos de CO₂ por planta durante un día u año contribuyendo al cuidado del medio ambiente de forma natural. Se tuvo que los mejores beneficios de la captura de carbono que fue en reducir los gases en la atmosfera y el control del cambio climático, por lo tanto, debido a las buenas alternativas de control de gases por medio de cadena de árboles se conoce que varios países impulsan el cuidado del medio ambiente con reforestaciones de grandes áreas deforestadas, compactadas entre otras, fomentando a una tecnología limpia y de forma natural.

La Justificación social se dio a conocer a la sociedad la importancia que es la siembra de la especie *Swietenia* (Caoba) en los procesos de la fotosíntesis y la captura de carbono, disminuyendo el valor de daños provocados por dióxido de carbono en el aire que es fue nocivo en la salud del ser humano y el cambio climático. **Justificación económica** la siembra de especie *Swietenia* (Caoba), económicamente beneficia por el aprovechamiento de venta de semillas, uso de maderas para la producción de muebles, además que ayuda a sujetar los porcentajes de CO₂ sin necesidad a usar presupuestos económicos durante su proceso de secuestro de carbono por parte de los gobiernos encargados de velar por la calidad del aire. **Justificación metodológica** se basó directamente en el aprovechamiento de toda información literaria existente en las publicaciones de artículos por diferentes científicos y que fue de suma importancia para enriquecer el conocimiento sobre como la especie caoba emplea sus mecanismos de secuestro de CO₂ concurrentes en el ambiente. **Justificación ambiental** se enfocó en estrategias y métodos en reducir cantidades y niveles nocivos de los contaminantes atmosféricos existentes como el CO₂, SO₂, NO₂ y PM₁₀, haciendo un uso eficiente de la captura de carbono con especies de madera de caoba, considerado como económico y ecoamigable con el ambiente.

Por consiguiente, se formula el **problema general**:

PG: ¿Cuál es el potencial de captura de carbono por el género *Swietenia* (Caoba), revisión sistemática, 2022?

Seguido de los **problemas específicos**:

PE1: ¿Cuáles son las características de la especie *swietenia* (Caoba)?

PE2: ¿Cómo influyen las regiones climáticas en la extensión de la *swietenia* (caoba)?

PE3: ¿Cuánto carbono acumula la *swietenia* (caoba)?

PE4: ¿Qué beneficios se logra mediante la captura de carbono?

PE5: ¿Qué Países del mundo que impulsan el cuidado del medio ambiente?

Seguidamente se formula el **objetivo general**:

OG: Evaluar el potencial de captura de carbono del género *Swietenia* (Caoba), revisión sistemática, 2022.

Los objetivos específicos:

OE1: Determinar las características de la especie *swietenia* (Caoba)

OE2: Determinar la influencia de las regiones climáticas en la extensión de la *swietenia* (caoba)

OE3: Determinar la cantidad carbono acumulado en la *swietenia* (caoba)

OE4: Determinar los beneficios que se logra mediante la captura de carbono

OE5: Identificar los países del mundo que impulsan el cuidado del medio ambiente

II. MARCO TEÓRICO

La captura de carbono es un proceso más respetado en muchos países para capturar de CO₂ que se encuentran en el aire por diversas actividades como la producción de cemento, flota de vehículos, incendios de una manera muy natural, continua y sencilla (Davidson et al. 2021, p.45-67). Por lo que cabe señalar que cuantas más plantas, más carbono se captura, menos contaminado está el aire. (Avendaño et al. 2018, p.19).

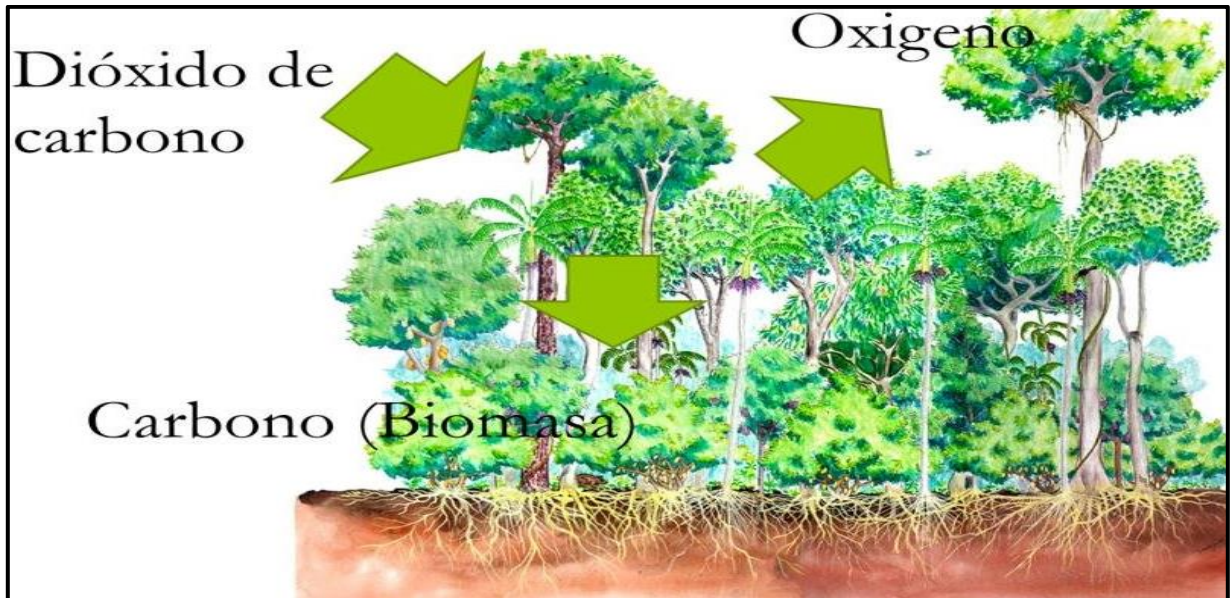


Figura 1: Procedimiento de captura de carbono.
Fuente: Antoine 2021.

Características de Especie Caoba. La especie caoba es conocida como una de las plantas de alto vigor y resistencia por su forma leñosa, pertenece a la familia Meliaceae (especie de hojas alternas y complejas, flores axilares y frutos fructíferos). Además, se sabe que existen muchas especies del género *Swietenia* nombradas de esta forma. *Swietenia mahagoni* es un árbol de la familia de flores, común en todo el país (Huang et al. 2020, p.6-10).

Las características físicas de la caoba, en el primer año miden alrededor de 1,8 m de altura, el diámetro del tronco 15-20 cm cuando llega a los 12 años. El borde de la hoja, crece muy lentamente. Para aportar con fruto, semilla y madera el árbol debe estar

entre los 15 años de promedio, una cantidad de doscientos cincuenta frutos y mil frutos pueden pesar cuatrocientos kilos (Lefebvre et al. 2021, p.15-18).



Figura 2: Características fisiológicas de la caoba en crecimiento.

Fuente: Nascimento, 2022.

El tiempo de crecimiento de la caoba de 1 año logra 1.8 m del suelo a la copa en Filipinas, de quince a veinte centímetros un lapso de 14 años. Al nivel nacional veintisiete centímetros de radio y veinte a veinticinco metros de largo en 12 años (Gracas et al. 2020).

Las formas de siembra de las especies de caoba, se siembran en hileras, generalmente de 15m x 15m. Esto depende de la topografía del área para facilitar el acceso y el correcto mantenimiento durante el crecimiento (Lukina et al. 2020, p.5-18).



Figura 3: Modelo de siembra de caoba para captura de Carbono.

Fuente: Lukina, 2020.

Ikhsan et al., (2021, p.10), Evaluó la estimación de la biomasa aérea y las existencias de carbono en la caoba en el área forestal de propósito específico de Karanganyar. Uso el muestreo sistemático con inicio aleatorio, y la distancia entre parcelas fue de 100 m. En total, había 35 parcelas cuadradas, de 20 x 20 m de tamaño, que se habían establecido debajo de los rodales caoba, asimismo se calculó los datos en la fórmula siguiente $AGB = V \times WD \times BEF$,

Para AGB: Biomasa aérea,

V: volumen del árbol (m³),

WD: densidad de la madera (kg/m³),

BEF: factor de expansión de la biomasa.

Se logró que en los rodales de caoba fueron 33,01 ton/ha, 15,56 ton C/ha y 57,04 ton/ha respectivamente. Así, la biomasa total y el stock de carbono en los rodales de caoba fueron de 169,63 ton/ha y 79,73 ton C/ha. Por su parte, el CO₂- equivalente total fue de 292,23 ton/ha. Se concluyó que en los rodales de caoba de 35 parcelas las especies contribuyeron con eficacia el secuestro de carbono existente en la atmósfera, resultado de las actividades de uso de combustión.

Características fisiológicas. La caoba es un árbol exótico, perennifolio o caducifolio, de 35 a 50 m (hasta 70 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de 1 a 1.8 m (hasta 3.5 m) (Larekeng et al., 2019).

La copa es abierta y redondeada con forma de sombrilla. Hojas alternas, paripinnadas o a veces imparipinnadas, de 12 a 40 cm de largo incluyendo el pecíolo; folíolos 3 a 5 pares, de 5 x 2 a 12 x 5 cm, lanceolados u ovados, muy asimétricos, con el margen entero (Avendaño et al., 2018).

El tronco es siempre derecho y limpio, ligeramente acanalado con contrafuertes bien formados hasta de 2 a 5 m de alto. Pocas ramas gruesas ascendentes y torcidas por arriba de los 25 m (Chen et al., 2018).

La corteza es externa profunda y ampliamente fisurada con las costillas escamosas en piezas alargadas, pardo grisácea a moreno grisácea. Interna rosada a roja, fibrosa, de sabor amargo y astringente. Grosor total: 10 a 25 mm (Fang et al., 2018).

Las flores son pequeñas, verde amarillentas, reunidas en panículas axilares y subterminales glabras, de hasta 15 cm de largo. Ambos sexos en la misma inflorescencia; las flores masculinas más abundantes que las femeninas, ambas dulcemente perfumadas. Flores actinomorfas, de 6 a 8 mm de diámetro; el cáliz tiene forma de copa; la corola tiene 5 pétalos ovales y cóncavos (Patiño et al., 2018).

Los frutos Son cápsulas leñosas, ovales u oblongas, de color marrón rojizo (a veces gris) de 12 a 18 cm de largo y 8 cm de ancho, que irradian desde la base por 4 o 5 valvas. 40 a 60 semillas por fruto, 12 semillas por cámara (Rostami et al., 2019).

Las semillas son tipo gránulos de canela de color irregular miden 1 cm de largo y la extensión en forma de ala mide de 6 a 7 cm de largo. Las semillas son muy amargas y muy pálidas. Asimismo, el impulso sexual de las especies de caoba es hermafrodita. (Shaman et al., 2019).

Regiones climáticas que cultivan caoba. Las regiones climáticas son las condiciones meteorológicas y geográficas de un país que permite conocer las regiones, para el desarrollo de los cultivos y actividades (Bernal, et al., 2018).

Los climas templados se manifiestan como uno de los climas que son intermedios entre climas cálidos y climas fríos (Bernal, et al., 2018).

Los climas húmedos se consideran a espacio geográficos llanos por presentar precipitaciones constantes durante el año y las temperaturas oscilan entre los 25 °C (Chen et al., 2018).

Los climas tropicales son estimados habitualmente por las zonas que rodean el ecuador, con sus diferentes latitudes. Para este clima difícil se producen heladas y las temperaturas nunca son menos de 0 °C. Sin importar que estos sean climas áridos o climas húmedos (Fang et al., 2018).

Los climas secos son aquellos donde la evaporación es superior a la humedad proveniente de las lluvias, por lo general estos se clasifican por tener una precipitación menor (Fang et al., 2018).

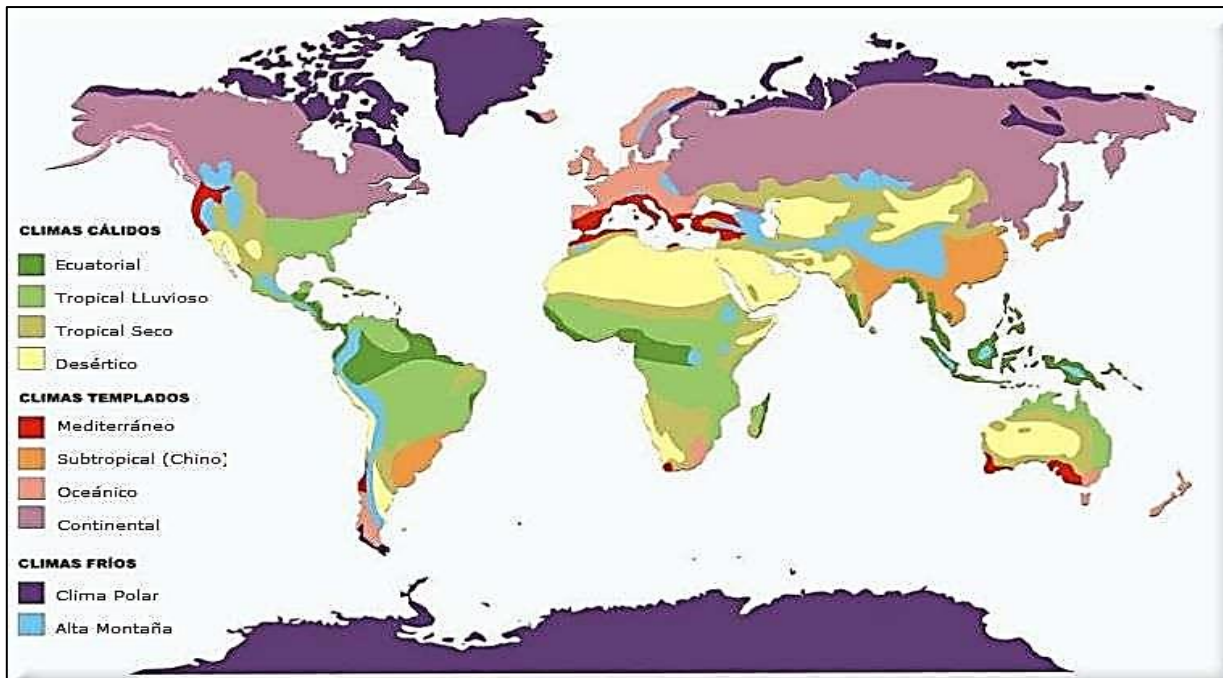


Figura 4: Mapas de regiones climáticas del mundo.
Fuente: Geografías del mundo, 2019.

Captura de carbono. La captura de carbono se realiza mediante diferentes fórmulas en base a las Biomosas de la planta, biomasa en raíces, Biomasa en el tronco y biomasa en la parte arbustiva. Para ellos se establece las siguientes formulas:

Tabla 1: Formulas para el cálculo de biomasa de las especies maderables

FORMULARIO PARA LA CAPTURA DE CARBONO			
TIPO DE APLICACIÓN	FORMULA	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Biomasa	$Y = 0.048 x D^{2.6}$	<i>y</i> : Biomasa arbórea (kg) <i>D</i> : Diámetro (cm)	Marisha et al., 2020
Biomasa de captura de carbono, Biomasa aérea	$AGB = \rho x \exp(-1.499 + 2.148 x \ln(DAP) + 0.207 x (\ln(DAP))^2 - 0.0281 \ln(DAP))^3$	AGB = Biomasa aérea ρ = Densidad de la madera (gcm-3) DAP = Diámetro a la altura del pecho ln = Logaritmo natural 1,499 = Constante 2,148 = Constante	Sayadat et al., 2018

		<p>0,207 = Constante</p> <p>0,0281= Constante</p>	
<p>Para los componentes del árbol</p>	$\ln(y_1) = \ln(\alpha_1) + \beta_1 X \ln (dbh^2 \cdot h)$	<p>Ln(y₁): son la biomasa de hojas, ramas y tallos</p> <p>α y β: Son coeficientes de regresión</p>	<p>Ganame, et al.,2020</p>
<p>Valor de biomasa aérea</p>	$AGB = 625.43 * ARVI + 610.75 * SAVI - 222.65 * NDVI - 340.74$	<p>AGB: Biomasa aérea</p> <p>ARVI: Índice de vegetación resistente a la atmósfera</p> <p>SAVI: índice de vegetación ajustado al suelo</p> <p>NDVI: índice de vegetación de diferencia normalizada</p>	<p>Bordoloi, et al., 2020</p>
<p>Biomasa de raíces subterráneas y biomasa aérea</p>	$AGB = \exp(-2.187 + 0.196 \times \ln(\rho D^2 H Y) = \exp[-1.0587 + 0.8836 \times \ln(AGB)]$	<p>AGB: La biomasa aérea.</p> <p>D: Diámetro a la altura del pecho</p> <p>H: Altura</p> <p>ρ: Gravedad específica</p> <p>Y= biomasa de raíces en Mg ha⁻¹</p>	<p>Sangeeta, et al., 2022</p>
<p>Densidad de plantación</p>	$B(t) = e^{(b+c \times \ln(t)-d \times t)}$	<p>B(t)= Peso verde de todo el tallo (Mg/ha)</p> <p>t= Edad del rodal</p> <p>b, c, d= Son parámetros estimados</p>	<p>Rockwood, et al., 2021</p>
<p>Volumen total de plantación</p>	$V_T = G \times H_T \times F_F$	<p>V_T: Volumen total (m³*ha⁻¹)</p> <p>G: Área basal (m²)</p> <p>H_T: Altura total (m)</p> <p>F_F: Factor de Forma (0,5 generalizado).</p>	<p>Solís et al., 2020</p>
<p>Cantidad de CO₂ en la planta</p>	$CO_2 = V_T \times PEB \times F_{EBA} \times F_{EBS} \times F_C \times F_{CO_2}$	<p>CO₂: CO₂ fijado (Mg*ha⁻¹)</p> <p>V_T: Volumen total (m³*ha⁻¹)</p> <p>PEB: Peso específico base de cada especie</p> <p>F_{EBA}: Factor de expansión de la biomasa aérea</p> <p>F_{EBS}: Factor de expansión de la biomasa subterránea</p> <p>F_C: Fracción de Carbono</p>	<p>Solís et al., 2020</p>

		F_{CO_2} : Factor de conversión de C a CO ₂	
Reserva del SOC	$SOC_{FD} = \sum_{i=1}^n SOC_{Coni} \times BD_i \times t_i$	<p>SOC_{FD}: Stock de SOC del perfil de suelo investigado hasta una cierta profundidad n</p> <p>SOC_{Coni}: SOC (%)</p> <p>BD_i: Densidad aparente (g cm⁻³)</p> <p>t_i: Espesor respectivo del capa de suelo muestreada.</p>	Biffi et al., 2022

Fuente: Solis, 2020

Davidson (2021, p.10-14), Se realizaron estimaciones de biomasa seca y secuestro de carbono para plantaciones ambientales establecidas en los paisajes agrícolas duros y secos de Midlands de Tasmania. Las plantaciones se diseñaron para proporcionar conectividad de hábitat para la vida silvestre nativa. La biomasa seca para bosques de 6 años y plantaciones ribereñas se estimó en 4,7 y 9,0 toneladas/ha, respectivamente. El componente de carbono de esta biomasa se estimó en 2,4 y 4,5 toneladas/ha de carbono, equivalentes a 8,7 y 16,5 toneladas/ha de dióxido de carbono (CO₂) secuestrado, respectivamente.

Bordoloi, et al. (2020, p.8), evaluó la biomasa terrestre, el almacenamiento de carbono y el potencial de secuestro de carbono. Uso un algoritmo de regresión multilínea con el modelo de NDVI, SAVI y ARVI derivados de Landsat como predicadores. El AGB pronosticado osciló entre 14,32 y 185,95 Mg ha⁻¹ con un promedio de 148,78 Mg ha⁻¹. El modelo desarrollado que utilizó índices combinados de vegetación mostró correlación de R² = 0.79 con un RMSE de 51.04 Mg ha⁻¹. Calcularon las fuentes potenciales de carbono en diferentes usos de la tierra que tuvo como 182,31 Mg ha⁻¹, 158,91 Mg ha⁻¹, 134,98 Mg ha⁻¹, 169,26 Mg ha⁻¹, 133, 84, 89, 95 Mg ha⁻¹, 128,3 Mg ha⁻¹ y 61,36 Mg ha⁻¹ en bosques tropicales, bosques subtropicales, bosques templados y bosques tropicales, respectivamente trópicos, plantaciones subtropicales, plantaciones moderadas, reubicación de tierras baldías y cultivables (Formula, Ver Tabla 1).

Tabla 2. Regresión del índice de vegetación (Vis) y AGB basados en parcelas.

VI	Pearson's (r)	Adj R ²	R ²	RMSE (t ha ⁻¹)	AIC	BIC
NDVI	0.76**	0.58	0.58	72.20	2768.20	2771.98
SAVI	0.77**	0.59	0.61	69.74	2758.04	2761.82
ARVI	0.82**	0.67	0.71	62.57	2683.97	2699.32
NDVI + SAVI + ARVI	0.85**	0.76	0.79	51.04	2105.18	2116.52

Fuente: Bordoloi, 2020

Tabla 3. Índices de vegetación (VI) y AGB basados en parcelas

VI	Pearson's (r)	Adj R ²	R ²	RMSE (t ha ⁻¹)	AIC	BIC
NDVI	0.76**	0.58	0.58	72.20	2768.20	2771.98
SAVI	0.77**	0.59	0.61	69.74	2758.04	2761.82
ARVI	0.82**	0.67	0.71	62.57	2683.97	2699.32
NDVI + SAVI + ARVI	0.85**	0.76	0.79	51.04	2105.18	2116.52

Fuente: Bordoloi, 2020

Las **extensiones del área de árboles** es la cantidad del espacio terrestre cubierta por los árboles en función de los procesos de fotosíntesis (Van et al., 2021).

El **área boscosa** es la cantidad de bosques en ciertas áreas, con diferentes especies de madera y otras especies de madera, el grosor del tronco, la cantidad de hojas juegan un papel irreversible en la captura de carbono durante el proceso de fotosíntesis, reduciendo la atmósfera. (Fradette et al. 2021, p.12).

El **Nivel de deforestación** se mide el cambio anual de cobertura boscosa debido a la conversión y transformación de ecosistemas naturales a usos y cobertura del suelo antrópicos (Carvalho et al., 2021). Se estima en la siguiente formula:

$$R = \frac{A1 - A2}{T2 - T1}$$

Dónde:

R: Deforestación total anual

A1: Área de bosque inicial (ha)

A2: Área de bosque final (ha)

T1: Año inicial

T2: Año final

La altura del árbol implica una ecuación que se puede simplificar de la siguiente manera: (altura del árbol) / (distancia del árbol a tu ubicación) = 1 multiplica ambos lados por (distancia del árbol a la ubicación tuya) tendrás: altura del árbol = distancia del árbol a tu ubicación tu ubicación (Aguirre et al., 2018, p.03).

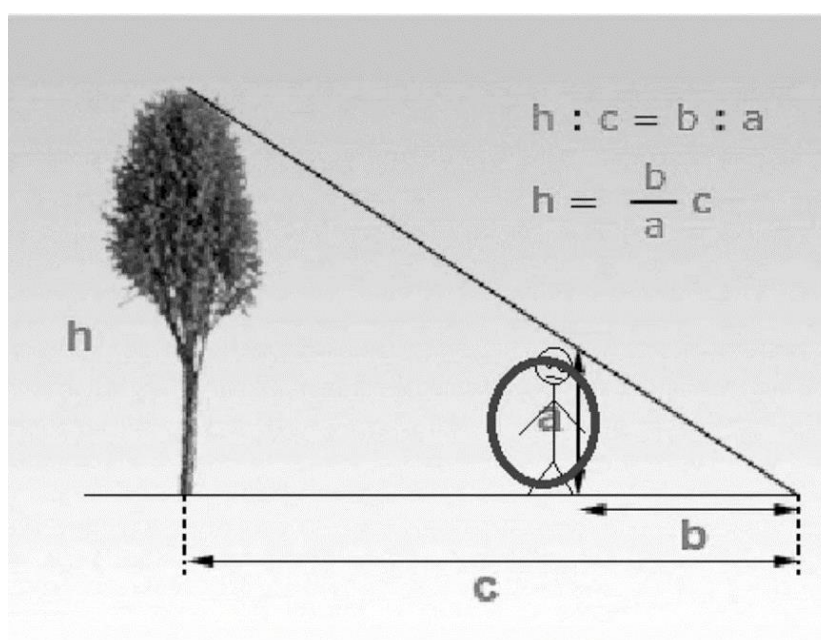


Figura 5: Método de cálculo de la altura del árbol.
Fuente: Corvalán, 2019.

El **Inventario de arborización** facilitan la planificación y manejo de las zonas verdes, ya que se constituye en un insumo valioso para la forestación con especies adecuadas a las condiciones específicas de suelo, clima y condiciones de espacios físicos, agilización de permisos de tala, poda y trasplante (Guillmot et al., 2018)

Existen diversos **métodos para medir** o calcular el marco de la cantidad de árboles, el método satelital, método de intersección de líneas, método de Estimadores de razón y regresión, método de densitómetro esférico (Pukkala, et al. 2020, p.2-10)

La **cantidad de árboles** por hectáreas se determina para calcular cuánto CO₂ absorbe un árbol en promedio. Son mucho más eficientes en la producción de oxígeno que las plantas más pequeñas. De promedio, case 2.5 toneladas de dióxido de carbono absorbe un acre de bosque joven (Fang et al. 2018).

Del mismo modo, se calcula el **número de plantas por hectárea** usando una jardinera cuadrada o rectangular: multiplícala por la distancia de la jardinera. Por ejemplo, en un marco de 7x7, cada árbol ocupará 49 metros cuadrados. Entonces tenemos que dividir 10,000 por 49 que son 200 árboles por hectárea, entonces esto se calcula continuamente a partir de la distancia (Pokhrel et al. 2020).

La **biomasa Herbácea** se cuantificó por marco de muestreo (1 m²), con marcador de muestreo, todos los materiales de hierbas se recolectaron y pesaron (peso total de la muestra), submuestra en gramos, se llevó a la prueba de laboratorio para determinar el contenido de humedad para el siguiente cálculo de materia seca. Esto se hizo aplicando la siguiente fórmula (Guillmot et al. 2018).

$$CH = (Phs - Pss) / Phs$$

Donde:

CH = humedad (%).

Phs = Submuestra en peso húmedo (gr)

Pss = submuestra en peso seco (gr).

A partir de la humedad se procede a calcular la relación peso húmedo de la biomasa:

$$Y = PHt - (PHt * CH)$$

Donde:

Y = biomasa (gr)

PHt = total del peso húmedo (gr)

CH = contenido de humedad (%).

La **biomasa de la hojarasca** se recolectó de todas las ramas, hojas y ramitas en una parcela específica (1 m²), luego todas las cosechas se embolsaron y pesaron en peso húmedo. Tomar una submuestra correctamente definida y enviarla al laboratorio para

su secado y determinación de la masa seca de la biomasa. La fórmula de cálculo es la siguiente (Nan et al, 2020).

$$CH = (Phs - Pss) / Phs$$

Donde:

CH = porcentaje de humedad (%).

Phs = peso de la submuestra en húmedo (gr)

Pss = peso de la submuestra en seco (gr).

La humedad se calculará a partir de la relación de peso húmedo de la biomasa:

$$Y = PHt - (PHt * CH)$$

Donde:

Y = biomasa (gr)

PHt = peso húmedo total (gr)

CH = contenido de humedad (%).

La **cantidad arbustiva y herbácea** por cuadrantes son los métodos utilizados para calcular con más exactitud la cantidad de captura de carbono en un área determinada en relación a grandes extensiones de áreas boscosas (Kandasamy et al., 2021)

El **peso fresco de hoja** de muestra se realiza para conocer entre la diferencia de peso con las hojas secas la cantidad de captura de carbono de la parte arbustiva (Nacimiento et al. 2022).

La **cantidad de peso seco de la hoja** recolectada se relaciona con el peso de la hoja fresca y se conoce la cantidad de CO₂ absorbido por las hojas (Nan et al., 2020).

Marisha, et al., (2020, p.7), Evaluó la valoración económica del secuestro de carbono y las reservas de carbono en espacios verdes abiertos. Se usó la recopilación de datos de árboles mediante un muestreo de hasta el 15%. Por otro lado, la recolección de datos del problema de salud se realizó a través de entrevistas con el método COI, asimismo se empleó la formula $Y = 0.048 \times D^{2.6}$, para ello y: Biomasa arbórea (kg), D:

Diámetro (cm). Se logró que el potencial de los espacios abiertos verdes en la absorción de carbono fue para *Campanulata Swietenia* de 211.64 kg CO₂. hectárea-1. año-1, *Swietenia macrophylla* 211,183.56 kg CO₂. hectárea-1. año-1 y *Swietenia mahagoni* 3,253.03 kg CO₂. hectárea-1. año-1. El valor de COI de la disponibilidad de espacio verde abierto actual es IDR 288, 777, 324, 987 por año.

Tabla 4: Cantidad de captura de carbono por la especie *Swietenia*

N°	Especies	Número de árboles	Total de absorción de CO ₂ (kg.año-1)
1	<i>Swietenia Campanulata</i>	1	211.64
2	<i>Swietenia Macrophylla</i>	1,852	211,183.56
3	<i>Swietenia mahagoni</i>	11	3,253.03

Fuente: Marisha, 2020.

Beneficios de la captura de carbono. Los beneficios de captura de C por tipos de control de los contaminantes más persistentes en la atmosfera precedentes de la combustión de diferentes actividades que realiza el hombre.

El CO₂ considerado como un gas más común en el espacio porque proviene de diversas actividades humanas, también es considerado un gas incoloro e inodoro, y su origen también puede provenir de varias fuentes naturales. (Mohkun et al. 2020. P.17). El dióxido de nitrógeno (NO₂) Es una sustancia química producida por la luz solar y es el principal componente de la lluvia ácida, el ácido nítrico. El dióxido de nitrógeno reacciona con la luz solar para formar ozono y produce humo en el aire que respiramos. (Osuri et al. 2019, p.19-22)

Dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro e irritante en altas concentraciones. Es el principal contaminante que, una vez en la atmósfera, puede convertirse en dióxido de azufre por oxidación. La composición de estos combustibles incluye azufre (Pukkala et al. 2020, p.17).

Las partículas PM10 son partículas gruesas (PM10 - 2.5) también conocidas como partículas respiratorias son partículas menores de 10 micras, pero mayores de 2.5 micras de diámetro consideradas como impurezas formadas por líquidos y sólidos con partes y tamaños muy diferentes, existentes en el aire. (Sacco et al. 2021. P.18-26).

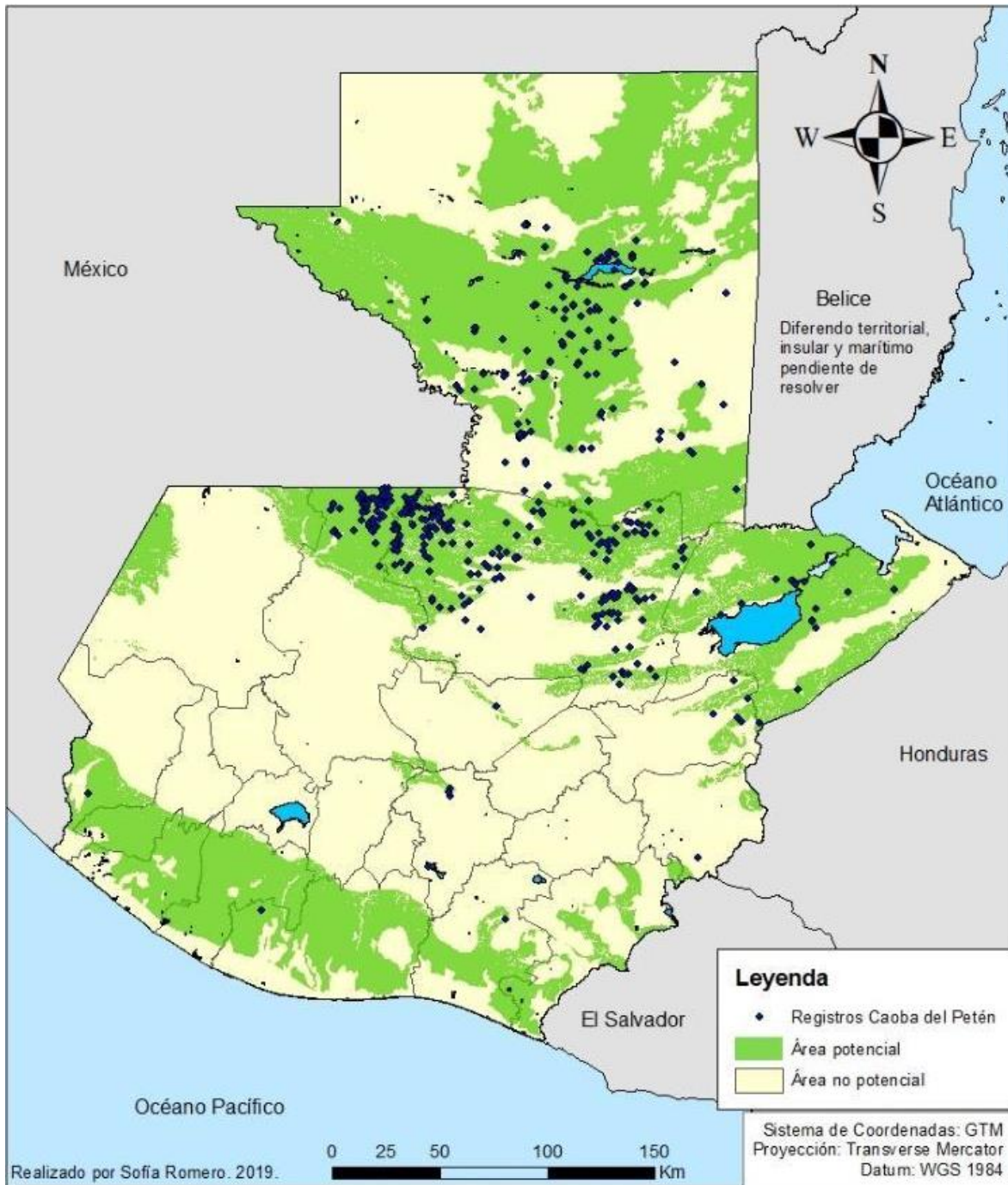


Figura 6: Potencial de beneficio de la caoba.
Fuente: investigación Forestal del Instituto Nacional de Bosques (INAB), 2019.

Países que impulsan el cuidado del medio ambiente

Países tales como China, México, Brasil y Panamá son varios los países que reforestan áreas con especies maderables, en tal caso Caoba (*Swietenia macrophylla*) contribuyendo al cuidado del ambiente, en reducir el porcentaje de emisiones de gases de las industrias, parque automotor, actividades humanas (Carvalho, 2021).

Dentro del Hemisferio Sur contamos con tres países (México, Brasil y Panamá) más contribuyentes en la reforestación con especies caobas.

El país Mexicano cuenta con aproximadamente 64 millones de hectáreas de bosques de clima templado y selvas que abarcan el 32% del territorio nacional. (Torres, 2020).

Para Brasil el cultivo de esta especie ha crecido significativamente en los últimos años: se estima que la superficie plantada en territorio brasileño ya superó las 37 mil hectáreas, lo que convierte al país en el mayor plantador de este género (Bertol, 2019).

La superficie total de la República de Panamá es de 7 551 690 hectáreas, de las cuales 3 052 304 mantienen una cobertura boscosa, que representa el 40.4% de la superficie del país, el 18% de hectáreas de cobertura boscosa conformadas por especies de caoba, cedro rojo entre otros. (Gutiérrez y Díaz, 2021).

Hemisferio Norte. En Guatemala hoy en día, ocupan 530 000 hectáreas de bosques, un porcentaje de 36% de las áreas boscosas son caoba, alrededor de la cuarta parte de toda la Reserva de la Biósfera Maya. (Gamazo 2018).

Para Honduras el número de plantas registradas ha crecido a 7 524 especies, de las cuales 170 son de distribución limitada, 134 se consideran endémicas, y 35 tienen amenazado su hábitat, entre ellas el 65% son especies de caoba, entre otras (Avila, et al., 2018).

Australia cuenta con un total de 125 millones de hectáreas de bosques y plantaciones, 123 millones corresponden a bosques nativos, casi 2 millones a plantaciones comerciales y 0,15 a otros bosques, 2.8 millones de especies de caoba dentro de áreas boscosas. El total de bosques y plantaciones ocupan el 16% de la superficie total de Australia y, dado su tamaño, no cuesta entender que representen el 3% del área forestal mundial. (Martins, et al., 2018).

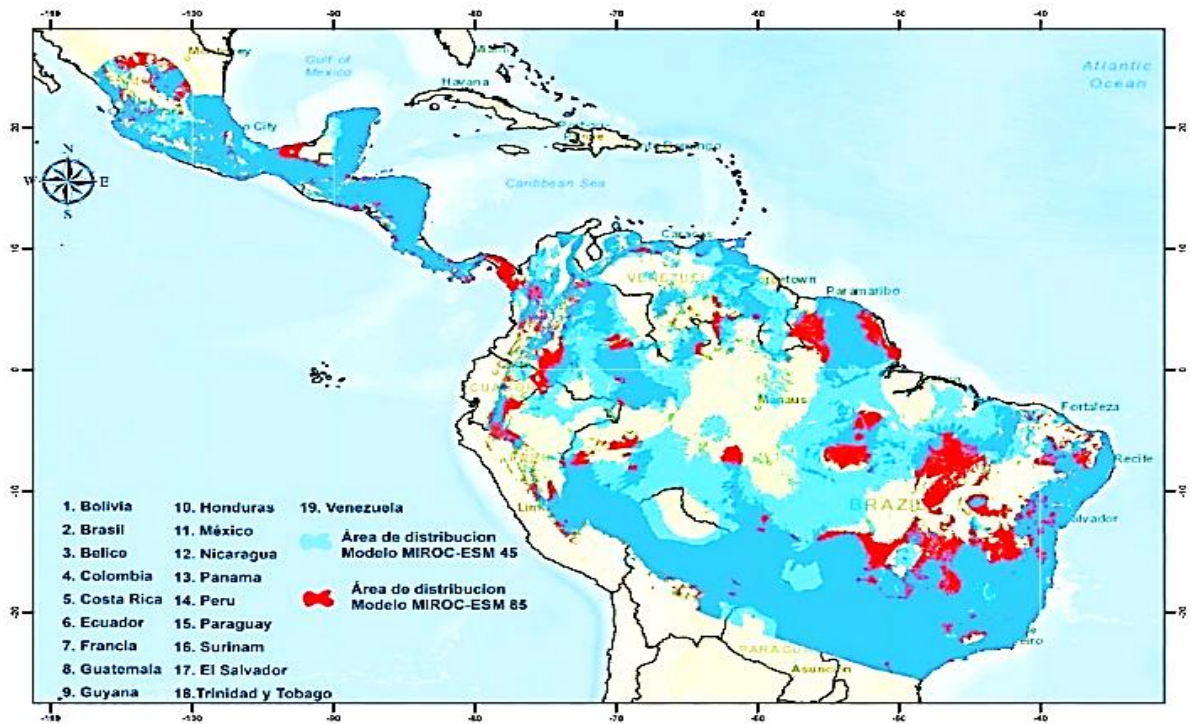


Figura 7: Países con el potencial de *Swietenia macrophylla* en base al modelo climático MIROC-ES.

Fuente: Herrera y Shiguango, 2019.

La caoba es una especie que podemos encontrar tanto en lugares con elevaciones bajas como áreas cercanas al mar, hasta los 1,500 metros sobre el nivel del mar. En cuanto a la cantidad de lluvia que necesita, el rango es de 1,500 a 4,200 milímetros por año. Se adapta a diferentes clases de sitios, desde terrenos planos hasta pendientes fuertes e inestables, y en suelos variados, pero con buen drenaje (Sousa et al., 2020).

La caoba en climas secos o húmedos crece de una manera rápida, la semilla tarda de 10 a 14 días en germinar, la evolución del desarrollo es lento ya que demanda de muchos años (30 años a 40 años) para ser aprovechada del cuerpo leñoso. (Pascua et al., 2021).

La caoba en climas tropicales del Norte y Sudamérica. Se desarrolla de manera eficaz, en lugares boscosos secos y en selvas de galería. Los suelos tienen un buen drenaje. Para ello son muy comunes en los países y regiones como México, Centroamérica, las Antillas menores, Colombia, Brasil, Ecuador, Bolivia, Perú (su mayor exportador) y

Venezuela. En esta última nación crece en las áreas costeras, bosques tropófilos de los Llanos Occidentales y bosques húmedos (Rockwood et al., 2022).

Uthappa y Devakumar, (2021, p.4), evaluó el potencial de secuestro de carbono de diferentes sistemas de uso de la tierra en regiones semiáridas de Karnataka. Se usó un método no destructivo de estimación de la biomasa utilizando el volumen (altura del árbol, DAP) y la densidad de la madera. Se utilizó la siguiente fórmula para calcular el volumen en pie de los árboles $Volumen(m^3) = \pi(\frac{d}{2})^2 \times H$; $\pi = 3.14$,

D es el diámetro a la altura del pecho (DAP),

H es la altura del árbol (m).

Se logró el CO₂ secuestrado en la biomasa arbórea se registrado por la especie *S. macrophylla* de (17,44 Mg/ha) con una cantidad de 2500 árboles y cantidad de biomasa aérea 205.44 kg/árbol. Se concluyó que en el estudio pudo encontrar que diferentes sistemas basados en árboles que secuestraron carbono a escala variable por la especie *S. macrophylla*.

Leyva et al., (2021, p.07), evaluó el almacenamiento de carbono en bosques con manejo forestal comunitario en México. Uso como metodología cuadrantes de 25 x 25 metros para calcular la cantidad de acumulación de carbono en el área determinada, utilizando la formula $COH = \%CO \times PM$

COH = carbono de la hojarasca, Mg C ha⁻¹,

% CO= concentración de carbono,

P = peso seco de la muestra (g),

M = densidad aparente (Mg m⁻³)

Logro un mayor contenido de carbono en el suelo y hojarasca (127.89 Mg C ha⁻¹), pero el mayor reservorio de C se encontró en la biomasa arbórea del bosque de *Switenia macrophylla* (383.9 Mg C ha⁻¹). Se concluyó que es una buena alternativa el manejo de los almacenes de carbono en el suelo, asimismo que para los bosques de *Switenia macrophylla* demuestran un potencial como almacén de carbono arbóreo a una edad mayor de 30 a 40 años.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación.

La investigación fue de tipo aplicada Según (Lozada, 2014, p.47-50). La investigación aplicada tiene como objetivo generar conocimiento que sea directamente aplicable a los problemas sociales o productivos de la industria. Nuevamente, esto es esencialmente un descubrimiento de ingeniería basado en encuestas que se ocupa del proceso de vincular la teoría con el producto.

Donde con el apoyo de artículos indexados permitió la formulación de los problemas y objetivos propuestos, además de la construcción del método empleado, la cual se generó información sobre la efectividad y/o eficacia de la captura de carbono con la especie caoba sobre contaminantes del aire (CO₂, NO₂, SO₂, PM₁₀) provenientes de las industrias y actividades humanas.

Diseño de investigación.

El diseño narrativo tópicos porque los investigadores recopilan datos sobre las historias y experiencias de un acontecimiento para describirlas y analizarlas con el fin de dar solución a un problema con objetivos planteados (Salgado, 2007, p.2). Por otro lado, también existen hechos, eventos, fenómenos, procesos que suelen utilizarse como herramientas de recopilación documentos, periódicos, artículos, etc., todos los cuales centran la imagen del presente o generan interés al tema de investigación. (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p. 488-490).

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Se adjunta la matriz de categorización apriorística del tema en estudio.

Matriz de categorización apriorística: Potencial de captura de carbono del género *Swietenia* (Caoba), revisión sistemática, 2022.

Objetivo específico	Problema específico	Categoría	subcategoría	Criterio	Unidad de análisis
Determinar las características de la especie swietenia (Caoba)	¿Cuáles son las características de la especie swietenia (Caoba)?	Características de Especie Caoba	Características fisiológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Textura • Color • Resistencia • Periodo de vida • Modo utilizable 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Gracas et al. 2020</i> • <i>Mohkun, Hafiz et al. 2020</i>
			Tiempo de crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • 1 mes • 1 año • 10 años • 20 años 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Nascimento et al. 2022</i>
			Forma de siembra	<ul style="list-style-type: none"> • En hileras • Distancia 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mora et al., 2020</i> • <i>Nascimento et al. 2022</i>
Determinar la influencia de las regiones climáticas en la extensión de la swietenia (caoba)	¿Cómo influyen las regiones climáticas en la extensión de la swietenia (caoba)?	Regiones climáticas que cultivan caoba	Climas	<ul style="list-style-type: none"> • Templado, • Húmedo • Tropical • Seco 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bernal et al., 2018</i> • <i>Fang et al., 2018</i> • <i>Chen et al., 2018</i>
Determinar la cantidad carbono acumulado en la swietenia (caoba)	¿Cuánto carbono acumula la swietenia (caoba)?	Captura de carbono	Extensión del área de árboles	<ul style="list-style-type: none"> • Área boscosa de • Nivel de deforestación. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pokhrel et al. 2020</i> • <i>Carvalho et al., 2021</i>
			Altura de árboles	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de arborización. • Medida de árboles 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Guillmot et al. 2018</i> • <i>Meneses y Zamora. 2018</i>
			Cálculo de la captura de carbono	<ul style="list-style-type: none"> • $CH=(Phs-Pss) / Phs$ • $Y = PHT - (PHT * CH)$ 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Nan et al., 2020</i> • <i>Guillmot et al., 2018</i>
			Cantidad de árboles	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de árboles por hectárea 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Rostami et al. 2020</i> • <i>Fang, Yan et al. 2018.</i>
			Biomasa herbácea	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de arbustiva y herbácea por Cuadrantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kandasamy, Kathiresan et al. 2021</i>

Matriz de categorización apriorística: Potencial de captura de carbono del género <i>Swietenia</i> (Caoba), revisión sistemática, 2022.					
Objetivo específico	Problema específico	Categoría	subcategoría	Criterio	Unidad de análisis
				<ul style="list-style-type: none"> • Peso fresco de hoja de muestra. • Peso seco de la hoja recolectada 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Nan et al. 2020</i> • <i>Nascimento et al. 2022</i>
Determinar los beneficios que se logra mediante la captura de carbono	¿Qué beneficios se logra mediante la captura de carbono?	Beneficios de la captura de carbono	- Reducción de contaminantes	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de carbono (CO2) • Dióxido de Nitrógeno (NO2) • Dióxido de Azufre (SO2) • Partículas PM10 • Oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Carvalho, 2021</i> • <i>Babbar, 2021</i> • <i>Ganame, 2020</i>
Identificar los países del mundo que impulsan el cuidado del medio ambiente	¿Qué Países del mundo que impulsan el cuidado del medio ambiente?	Países que impulsan el cuidado del medio ambiente	Hemisferio Sur	<ul style="list-style-type: none"> • México • Brasil • Panamá 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Shaman et al, 2022</i> • <i>Bordoloi, 2022</i>
			Hemisferio Norte	<ul style="list-style-type: none"> • Guatemala • Honduras • Australia 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kunetsova, 2021</i> • <i>Fromm, 2018</i>

Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.3. Escenario de estudio

Según (Díaz, 2017, p.12), Se determina el entorno en el que se desarrollará la investigación, así como su accesibilidad, características de los participantes y recursos disponibles para el desarrollo de la investigación

Por ello la investigación no contó con un escenario de investigación, por la cual se utilizó una base de datos provista por la Universidad Cesar Vallejo, construida sobre la base de recopilación de información de investigaciones de artículos de interés científico en relación al tema de investigación de “Potencial de captura de carbono”. Donde la respectiva biblioteca virtual sirvió para la obtención de los artículos y revistas usados.

3.4. Participantes

Al tratarse de una revisión bibliográfica, fue redactada únicamente por los autores de la investigación y asistencia de la asesora del curso, e innovo la recopilación de datos de las revistas científicas, libros y artículos relacionados por peso y relevancia. Toda la información provino de las siguientes bases de datos: ScienceDirect, Scopus y Elsevier. Se eligieron sólo mayores de 5 años que rige entre 2018 - 2022 permitidos por la norma estipulada. Es así que el tema en estudio, Potencial de Carbono con la especie Caoba mostro gran interés en el escenario científico universal, debido a que minimizó la problemática ambiental originado por la presencia de industrias que emiten diferentes gases contaminantes, que afectan no sólo la calidad ambiental, sino del mismo modo la salud humana. A continuación, se recopiló las referencias de artículos y revistas del tema detallado:

Tabla 5: Artículos identificados en la búsqueda de información.

N°	Base de datos	N° de artículos	% Porcentaje
1	Journal of Sustainable Forestry	12	18.6
2	Scientific Research	8	13.8
3	Redalyc Académico	7	13.3
4	Open Journal Systems	11	16.9
5	Ecological Engineering	5	10.8
6	Journal of Environmental Management	9	14.8
7	Ecological Management & Restoration	6	11.8
Total		58	100%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la investigación se utilizó la técnica de análisis documental. Las técnicas de recolección de datos según (Arias, 2006, p.146) son las distintas formas o maneras de obtener la información. Del mismo modo para (Tomayo, 2006, p.115) las técnicas son usadas para la recolección de información a través de lecturas, resumen referente al tema de investigación de los artículos y revistas científicas indexadas que son enfocados en la unidad de estudio y variables.

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos fueron fichas de recolección de información de contenidos. Donde según (Tomayo, 2006, p.115) por su parte los define de gran utilidad en la investigación científica ya que constituye una forma concreta en obtener información de gran impacto para la investigación.

3.6. Procedimientos

El Procedimiento de la investigación consistió de 3 fases, la cual fueron fundamentales para la recopilación de información, donde se extrajeron de manera sujeta a una secuencia ordenada, objetiva y sistemática. Se utilizó

fuentes como: ScienceDirect, Ebsco, Scopus. Para ello para cada base de datos se utilizaron palabras claves como en español e inglés.

ScienceDirect: (palabras claves), a). Dióxido de carbono (Carbon dioxide), b). Potencial de captura de CO₂ (CO₂ capture potential), c). Caoba (Mahogany), d). Genero Swietenia (Genus Swietenia), e). Porcentaje de captura de CO₂ (CO₂ capture percentage), f). Secuestro de carbono (Carbon sequestration), g). Porcentaje de dióxido de carbono (Percentage of carbon dioxide), h). Características de la caoba (Mahogany Characteristics). Al realizar la búsqueda en la base de datos con las palabras claves ya indicadas nos arrojó una cantidad de 11 621 artículos, luego al seleccionar los artículos que cumplan los 5 años de antigüedad del año lectivo (2018 – 2022) nos arrojó 2596 artículos cumpliendo la fecha escogida. Luego paso un filtro de calidad quedando 634 artículos

Ebsco: (Palabras claves), a). Dióxido de carbono (Carbon dioxide), b). Potencial de captura de CO₂ (CO₂ capture potential), c). Caoba (Mahogany), d). Genero Swietenia (Genus Swietenia), e). Porcentaje de captura de CO₂ (CO₂ capture percentage), f). Secuestro de carbono (Carbon sequestration), g). Porcentaje de dióxido de carbono (Percentage of carbon dioxide), h). Características de la caoba (Mahogany Characteristics). Al realizar la búsqueda en la base de datos con las palabras claves ya indicadas nos arrojó una cantidad de 18 345 artículos, luego al seleccionar los artículos que cumplan los 5 años de antigüedad del año lectivo (2018 – 2022) nos arrojó 2445 artículos cumpliendo la fecha escogida. Luego paso un filtro de calidad quedando 597 artículos

Scopus: (Palabras claves), a). Dióxido de carbono (Carbon dioxide), b). Potencial de captura de CO₂ (CO₂ capture potential), c). Caoba (Mahogany), d). Genero Swietenia (Genus Swietenia), e). Porcentaje de captura de CO₂ (CO₂ capture percentage), f). Secuestro de carbono (Carbon sequestration), g). Porcentaje de dióxido de carbono (Percentage of carbon dioxide), h). Características de la caoba (Mahogany Characteristics). Al realizar la búsqueda en la base de datos con las palabras claves ya indicadas nos arrojó una cantidad

de 9 478 artículos, luego al seleccionar los artículos que cumplan los 5 años de antigüedad del año lectivo (2018 – 2022) nos arrojó 2415 artículos cumpliendo la fecha escogida. Luego paso un filtro de calidad quedando 645 artículos.

Seguidamente se seleccionaron los artículos en relación con el tema de investigación quedando 28 artículos para Scopus, 37 artículos para Ebsco y 67 artículos para ScienceDirect. Por último, se determinaron por el filtro únicamente específico en relación al tema quedando 16 artículos para Scopus, 18 artículos para Ebsco y 24 artículos para ScienceDirect. Quedando al final 58 artículos para el desarrollo de la tesis.

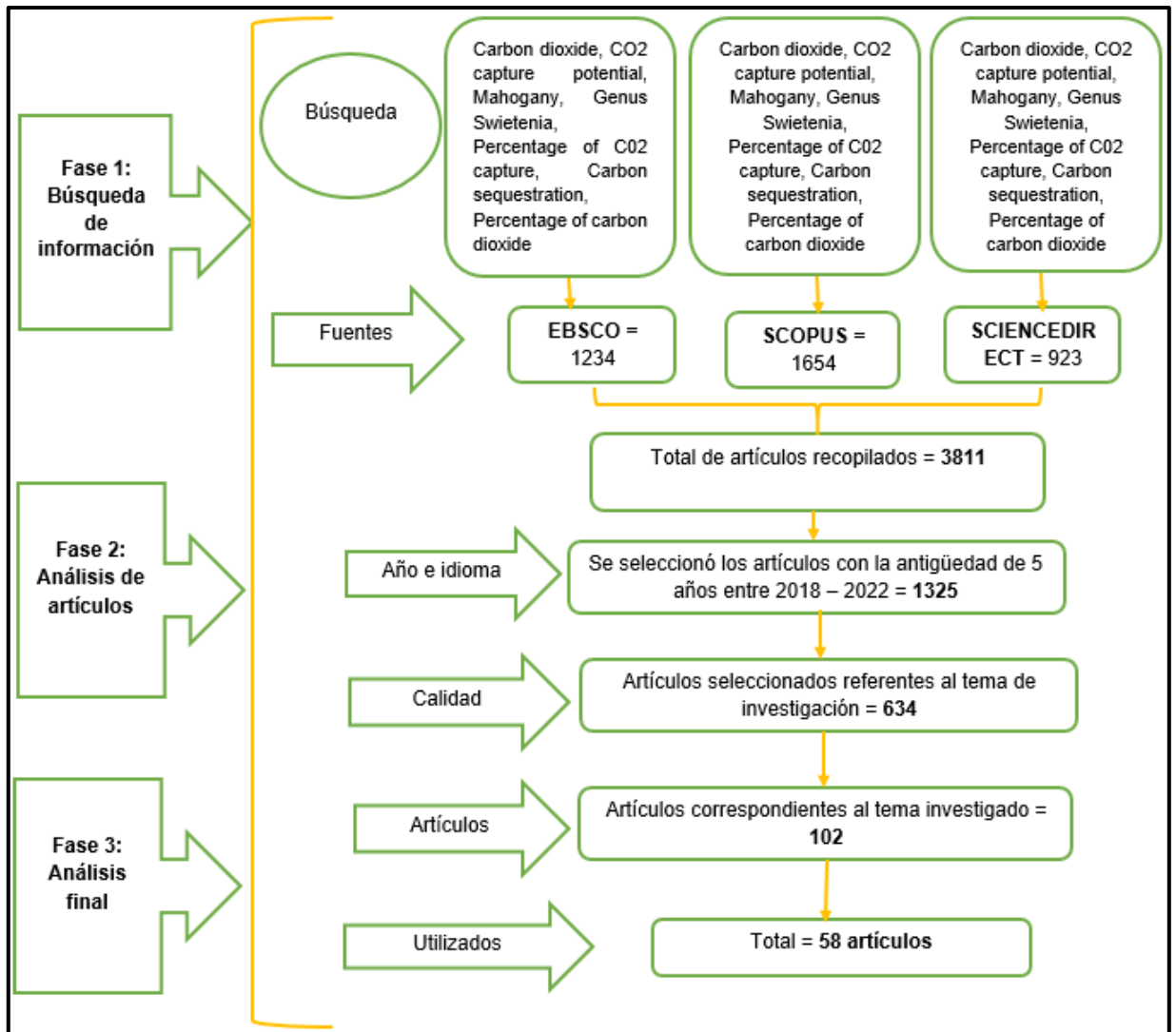


Figura 8: Diagrama de flujo para la recolección de artículos.
Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.7. Rigor científico

Según (Suárez, 2007, p.647) el rigor científico Según este autor, el avance en el conocimiento y el rigor se relacionan con la falibilidad, a su vez, criticó el énfasis en la validez y la verificabilidad y planteó el método deductivo de contrastación.

Según (Hernández, Fernández Y Baptista, P. 453-459) Los artículos utilizados se fundamentaron en descripciones teóricas de autores de revistas indexadas,

el cual da credibilidad de que dichas investigaciones son confiables que contengan:

Dependencia, Implica la consistencia lógica de los resultados, es decir, el que varios investigadores, que no tengan relación personal, deberán necesariamente converger a resultados coherentes (Rueda, 1999, p.496-502).

Credibilidad, cuando el investigador, a través de observaciones y conversaciones prolongadas con los participantes del estudio, recolecta información que produce hallazgos y luego éstos son reconocidos por los informantes como una verdadera aproximación sobre lo que ellos piensan y sienten (Pope, 1995, p109-112).

Transferencia, indican que se trata de examinar qué tanto se ajustan los resultados a otro contexto (Hernández, Fernández Y Baptista, P. 453-459).

Autenticidad, cuando el investigador tiene posibilidad de establecer relaciones interpersonales empáticas, de confianza y sensibilidad con los participantes (Hernández, Fernández Y Baptista, P. 453-459).

La investigación se enfatizó de acuerdo a las categorías planteadas como Biomasa arbórea, se calculó las cantidades de áreas utilizadas para la captura de carbono, se identificó de la especie estudiada como la caoba, sus características, tipo de crecimiento y las formas de siembra. Para las regiones climáticas se determinó mediante pronóstico meteorológico ya sea los climas templados, húmedos, tropicales y secos para el desarrollo de la caoba. Para la biomasa de captura de carbono se conoció a través de fórmulas planteadas por los autores de los artículos estudiados. Los contaminantes la cual estas plantas actuaron fueron el CO₂, NO₂, SO₂, PM₁₀ con una eficacia relevante. Para todos estos resultados encontrados se tuvo en cuenta la problemática enmarcada y por los objetivos propuestos.

3.8. Método de análisis de información

Los análisis de los artículos científicos se iniciaron con la clasificación y reducción de la información, agrupando y categorizando en una matriz, enfocándose en los objetivos del proyecto (evaluando potencial de captura de carbono con la Caoba), y luego un análisis cualitativo que sirvió de base para el método de la búsqueda que se relacionó con su objetivo mediante palabras clave y filtros para obtener los mejores resultados. Cada artículo científico fue analizado, comparado y revisado para verificar su confiabilidad de acuerdo con sus similitudes y diferencias, y el análisis crítico es el requisito previo más importante para las interpretaciones correctas que condujeron al desarrollo apropiado de revisiones sistemáticas.

3.9. Aspectos éticos

La integridad científica de los resultados de la investigación se enfocó en adhesión de valores y buenas prácticas de las autoras para conducir y aplicar los resultados justificados, honestos, veraces y referenciados con ISO 690 de la Universidad Cesar Vallejo por cada autor del artículo utilizado. Asimismo, la integridad de la investigación se aplicó en las fases de formulación, proposición y realización de la investigación.

La comisión de la universidad cesar vallejo respecto a los lineamientos de la norma científica en relación con el investigador, hace respetar los derechos de los resultados de otros investigadores con el programa turnitin para consagrar los resultados de transparencia con la responsabilidad del investigador.

De acuerdo la guía de elaboración de tesis RVI N°011-2020 durante la elaboración de la tesis se respetó el esquema establecido y la información utilizada se referencio por cada actor de los artículos en relación con el tema de investigación del potencial de captura de carbono del género *Swietenia* (Caoba).

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Categoría 1: Características de Especie Caoba.

El árbol de caoba de la familia Meliaceae (*Swietenia mahagoni* L.) se caracteriza por ser un árbol de hasta 25 metros de altura, más de 100 cm de diámetro, de crecimiento lento, con hojas plumosas, ovadas, lanceoladas, lustrosas; flores en panículas axilares pétalos blancos, cápsula ovoide de cinco lóbulos, semilla alada. Blanco o blanquecino (Favero et al., 2020). La textura es suave, el grano es jaspeado, ondulado o retorcido. Duramen marrón rojizo, pesado, duro, resistente a la descomposición, descomposición, densidad 0.7-0.8. Considerada una madera valiosa. Fácil de usar y bien pulido con un aspecto dorado sedoso. Su densidad seca es de 0,61 g/cm³ en madera cubana y de 0,60 g/cm³ en madera insular española (Racelis et al., 2019).

Tabla 6: Características fisiológicas de la especie caoba.

ESPECIE CAOBA				
Tipo de especie	Características de la caoba	Tiempo de crecimiento	Forma de siembra	Fuente
<i>Swietenia macrophylla King</i>	Es una caoba de hojas anchas, llegan a una altura de 20 metros a 40 metros, una planta de caoba en un periodo de 10 años logra acumular 43 Mg ha-1año-1 de CO ₂ .	La especie caoba en un promedio de 40 años logro una altura de 40 metros	Las formas de siembra de la <i>Swietenia macrophylla King</i> en las parcelas evaluadas fueron de forma cuadra de 8 x 8	Racelis et al., 2019
<i>Swietenia macrophylla King</i>	Tiene hojas verdosas, alcanza un diámetro de 20 a 150 Cm en un periodo de 35 años. la corola tiene 5 pétalos ovales y cóncavos	La especie <i>Swietenia macrophylla King</i> alcanzó 150 Cm en un periodo de 35 años de su crecimiento.	El material genético fue obtenido del vivero forestal para ser establecidos bajo diseño ajedrezado, con una distancia entre líneas y árboles de 4m x 4 m	Orozco et al., 2022
Mahogany	La especie Mahogany tuvo una veta muy bonita y sus anillos de crecimiento son visibles y marcados, su madera es aprovechable a partir de los 30 años para su resistencia a hongos e insectos perjudiciales.	A los 30 años de vida la planta logro una altura de 38 metros	Las parcelas evaluadas fueron sembradas en forma cuadrada de 15 m X 15 m	Pascua et al., 2021
<i>Swietenia tessmannii</i>	Las flores son tipo con pétalos, su parte leñosa son libres de huecos y nudos, Su color marrón rojizo se oscurece con el tiempo de 35 años.	El tiempo de vida de la planta evaluada fue a los 35 años, en cuanto las plantas ya maduras para el aprovechamiento de la parte leñosa	Las formas de siembra fue tipo hileras a una distancia de 5 metros por planta y por hilera 8 metros, por la topografía del terreno por ser pendientes	Favero et al., 2020
<i>Swietenia macrophylla King</i>	Especie de lento crecimiento. En un año alcanza 1.8 m de altura,	Las semillas de la caoba para tardan de 10 a 20		Campos et al. 2020

	de 15 a 20 cm de diámetro en 14 años, la altura máxima esta entre los 70 metros.	días para crecer en bolsas de los viveros y el tiempo de vida de la planta está en un promedio de 30 a 50 años, es aprovechable su madera a partir de los 30 años	Las parcelas fueron diseñadas de forma cuadrada de 6 x 6 metros por ser un terreno plano.	
<i>Swietenia macrophylla</i>	Los frutos son tipo cápsulas leñosas, ovoides u oblongas, de color moreno rojizo (grisáceo en ocasiones), de 12 a 18 cm de largo por 8 cm de ancho, dehiscentes desde la base y se abre en 4 o 5 valvas. Las semillas germinan fácilmente. Se pueden sembrar directamente de dos semillas por bolsa; si las condiciones son favorables, germinarán a los 10 días de la siembra, pudiendo extenderse hasta los 20 días	Ti tiempo de crecimiento desde los 20 días que germina en la bolsa hasta ser aprovechable en un periodo de 40 años por ser el cuerpo leñoso resistente a insectos perjudiciales.	Las formas de siembra de la <i>Swietenia macrophylla</i> acompañado de otras plantas en las parcelas evaluadas fueron de forma cuadra de 10 x 10	Martins et al., 2018

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 7: Características fisiológicas de la especie caoba.

Autores	Especie	Características
Racelis et al., 2019	<i>Swietenia macrophylla</i> King	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene hojas anchas. • Altura de 20 metros a 40 metros. • En un periodo de 10 años logra acumular 43 Mg ha-1año-1 de CO₂.
Orozco et al., 2022	<i>Swietenia macrophylla</i> King	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas verdosas • Diámetro de grosor de 20 a 150 Cm en un periodo de 35 años • La corola tiene 5 pétalos ovales y cóncavos
Pascua et al., 2021	Mahogany	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene una veta muy bonita • Los anillos de crecimiento son visibles y marcados • La madera es aprovechable a partir de los 30 años para su resistencia a hongos e insectos.
Favero et al., 2020	<i>Swietenia tessmannii</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Las flores tienen 5 a más pétalos • La parte leñosa son libres de huecos y nudos • A los 35 años su color marrón rojizo se oscurece con el tiempo.
Campos et al. 2020	<i>Swietenia macrophylla</i> King	<ul style="list-style-type: none"> • Especie lento crecimiento por clima cálido • En un año alcanza 1.8 m de altura • Llega a 15 a 20 cm de diámetro en 14 años • La altura máxima esta entre los 70 metros.
Martins et al., 2018	<i>Swietenia macrophylla</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Los frutos son tipo cápsulas leñosas, ovoides u oblongas, • El color del tallo es moreno rojizo (grisáceo en ocasiones), • De 12 a 18 cm de largo por 8 cm de ancho, dehiscentes desde la base y se abre en 4 o 5 valvas de la copa. • Las semillas germinan fácilmente. • Se pueden sembrar directamente de dos semillas por bolsa. • Germinarán a los 10 días de la siembra, pudiendo extenderse hasta los 20 días de acuerdo a la humedad.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Discusión

De acuerdo al desarrollo de los resultados enfocados en las características del género *Swietenia* (Caoba), para Racelis et al., (2019), la *Swietenia macrophylla* King tuvo como características hojas anchas, altura de 20 metros a 40 metros, en un periodo de 10 años logra acumular 43 Mg ha-1año-1 de CO₂. Al igual que Orozco et al., (2022), *Swietenia macrophylla* King tuvo Hojas verdosas, Diámetro de grosor de 20 a 150 Cm en un periodo de 35 años, La corola tiene 5 pétalos ovales y cóncavos. Es así que los de los seis autores analizados, sólo Martins et al., 2018 incorpora como parte de las características a los frutos de la especie Caoba, teniendo que el clima donde mayor presencia de esta especie fue en climas cálidos.

Asimismo, Campos et al. (2020), las características de la especie *Swietenia macrophylla* King al ser evaluada se conocieron que fue lento en su crecimiento por clima cálido, en un año alcanza 1.8 m de altura, llegan a 15 a 20 cm de diámetro en 14 años y la altura máxima esta entre los 70 metros. En comparación con Martins et al., (2018), con la especie *Swietenia macrophylla* evaluada en la investigación las características fueron que los frutos son tipo cápsulas leñosas, ovoides u oblongas. El color del tallo es moreno rojizo (grisáceo en ocasiones), de 12 a 18 cm de largo por 8 cm de ancho, dehiscentes desde la base y se abre en 4 ó 5 valvas de la copa, las semillas germinan fácilmente, se pueden sembrar directamente de dos semillas por bolsa y germinan a los 10 días de la siembra, pudiendo extenderse hasta los 20 días de acuerdo a la humedad, teniendo un margen de error de 3 días.

Finalmente Pascua et al., 2021 al estudiar la especie Mahogany, tuvo que esta a partir de los 30 años adquiere resistencia a hongos e insectos, a diferencia de la especie *Swietenia* que es no menor a 15 años.

Categoría 2: Regiones climáticas.

Tabla 8: Climas donde se desarrolla la Caoba.

REGIONES CLIMÁTICAS							
Climas	País	Lugar del bosque	Área del bosque	Especie	% de captura	Conclusión	Fuente
Climas húmedos, son áreas con inundaciones intermitentes ya el país de África alrededor del año son temperaturas altas. Los árboles aprovechan la humedad por las raíces y aceleran el desarrollo, en los 20 años evaluados estos alcanzan una altura de 25 a 30 metros.	La investigación se realizó en África	El caribe	El área evaluada correspondió a 150,000,000 m ² correspondiente a 150 mil hectáreas	La especie evaluada fue la <i>Swietenia macrophylla</i>	En los primeros 20 años de la <i>Swietenia macrophylla</i> capturo 4,5 y 40,7 t CO ₂ ha ⁻¹ año ⁻¹ de carbono, representando el 45 % y el 32 % de todos los puntos de datos evaluados en 150 mil hectáreas	Se concluyó que la plantas <i>Swietenia macrophylla</i> en un periodo de 20 años alcanzo una altura de promedio de 28 metros logrando la captura de carbono de 4,5 y 40,7 t CO ₂ ha ⁻¹ año ⁻¹ equivalente por planta.	Bernal et al., 2018
Climas tropicales, los suelos la gran parte de estos son llanuras, tiene un color del suelo negro y son muy fértiles.	La investigación fue realizada en China	Se abarcó el país de China	El área de estudio correspondió a 10,000 m ² equivalente a 1 hectárea de estudio	Se consideró la especie <i>Swietenia macrophylla</i>	Se conoció que 3,7 Mg·ha ⁻¹ , 1,3 Mg·ha ⁻¹ , 32,3 Mg·ha ⁻¹ , 8,5 Mg·ha ⁻¹ resultados obtenidos de la evaluación en un tamaño de parcela modelo que fue= 10,000 m ² , se evaluaron en 102 árboles, en un promedio de grosor de 85 cm por árbol.	Se concluyó que la captura de carbono por la <i>Swietenia macrophylla</i> en un área de 10,000 m ² por 102 árboles en forma de siembra 10 m x 10 m. se conoció que un	Chen et al., 2018

REGIONES CLIMÁTICAS							
Climas	País	Lugar del bosque	Área del bosque	Especie	% de captura	Conclusión	Fuente
						año se logra la captura de 479,3 Mg C·ha ⁻¹ por año.	
Climas tropicales, Se caracteriza por sus temperaturas suaves y constantes de alrededor de 24-25°C durante todo el año. Las lluvias son generosas lo que favorece al suelo para el crecimiento de las plantas, Suelos grumosos y suelos aluviales	La investigación se realizó en el país de Estados Unidos (EE.UU)	Abarco todo el país de EE.UU	El área total evaluada fue de 610 millones de m ² equivalente a 61 mil hectáreas de plantaciones	Se evaluó la especie <i>Swietenia macrophylla</i>	Se logró la captura de carbono en un 30% en 61 mil hectáreas (ha) la cantidad de 128,9 Mg C·ha ⁻¹ por año por árbol.	Se concluye que el clima influyo mucho en acelerar el desarrollo de la planta <i>Swietenia macrophylla</i>	Favero et al., 2020
Climas húmedos, los suelos en México a estos climas húmedos son de tipo fértiles, tienen el color marrón y negro, ricos en micronutrientes a favor de las plantas.	México	Estado de Nayarit	El área correspondió a 2,450,255,000 m ² equivalente a 245,25 mil hectáreas	Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> King)	Se logró la captura de carbono de 142,95 t·ha ⁻¹ en CESIX y 284,41 t·ha ⁻¹ en una área de cultivo 245,25 mil hectáreas, sembradas a una distancia entre líneas y árboles de 4m x 4 m	Se concluye que la especie caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> King) es muy eficaz en reducir contaminantes presentes en el aire, donde se conoció que 142,95 t·ha ⁻¹ de captura de carbono por	Orozco, et al., 2022

REGIONES CLIMÁTICAS							
Climas	País	Lugar del bosque	Área del bosque	Especie	% de captura	Conclusión	Fuente
						año en una planta.	
Climas tropicales, los suelos de estos climas tienen alto contenido de materia orgánica, ricos en nutrientes, aceleran el crecimiento de la planta.	La investigación se realizó en el país de Colombia	Municipio de Belén de Los Andaquíes	El área abarco 43,500 m ² equivalente a 4,35 hectáreas	<i>Swietenia macrophylla</i>	Se logró el almacenamiento de dióxido de carbono de 154,1 Mg ha ⁻¹ , 1,4 Mg ha ⁻¹ y 138,9 Mg ha ⁻¹ en tres parcelas como muestra, primera parcela 87 árboles, segunda parcela 45 árboles y la tercera parcela 135 árboles.	Se concluyó que por la captura carbono de 154,1 Mg ha ⁻¹ , 1,4 Mg ha ⁻¹ y 138,9 Mg ha ⁻¹ por árbol por año disminuyendo el calentamiento global y frecuencia de lluvias acidas, que afectan los cultivos agrícolas	Pardo et al., 2021
Climas húmedos, los suelos son muy húmedos por ser los climas bajos y superior a 10°C, aceleran el crecimiento de la planta superior a climas secos.	Finlandia	Reservas de carbono de la silvicultura finlandesa	El área la cual se evaluó correspondió a 1800 m ²	Caoba	Se logró la captura mayor a 50%. Tendiendo una eficiencia de 239,8 Mg ha ⁻¹ por año en una parcela de 1800 m ² .	Se concluyó que los climas húmedos ayudada a una mejor captura de carbono por la planta	Pukkala, 2020

Fuente: Elaboración propia, 2022.

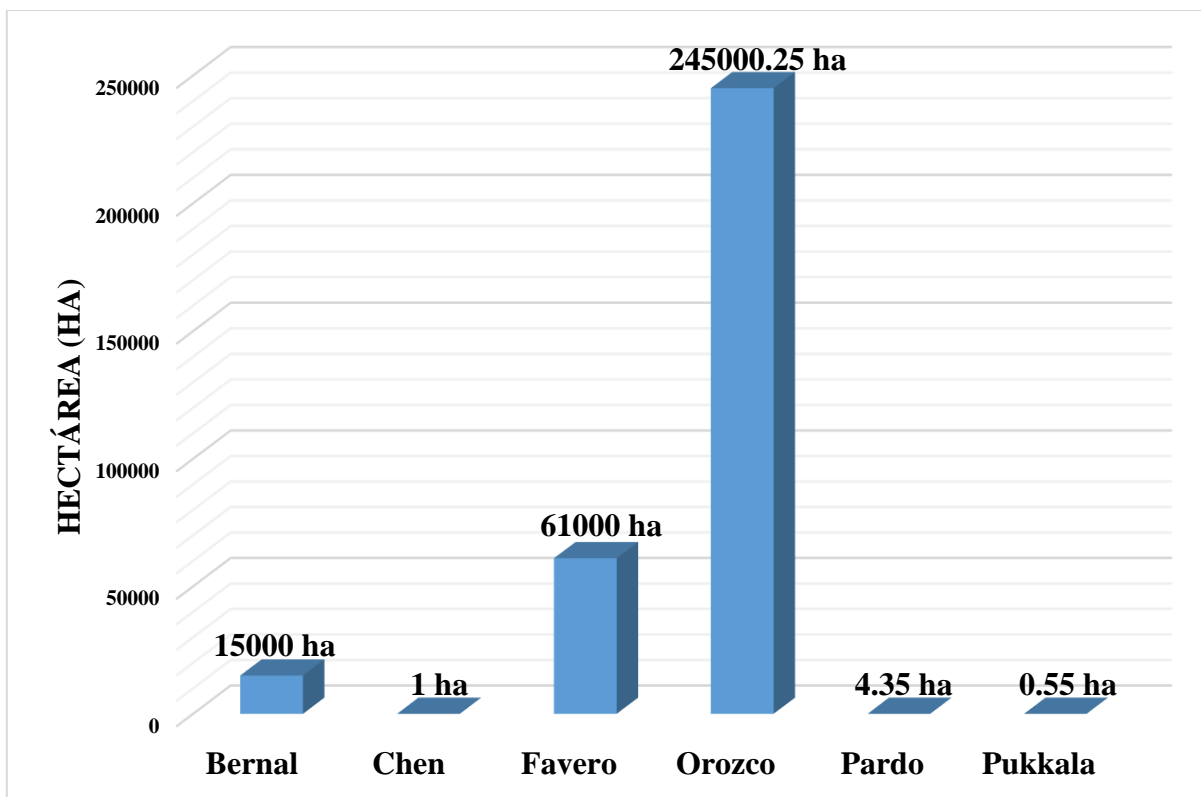


Figura 9: Cantidad de áreas evaluadas.
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Interpretación: en la figura 9 se mostró la cantidad de hectáreas evaluadas en la captura de carbono con el género *Swietenia* (Caoba), obteniendo la mayor cantidad por Orozco.

Discusión

Orozco et al., (2022) aplicó la técnica DAP para determinar 245,000.25 ha para la captura de carbono de 142,95 t·ha⁻¹ en CESIX y 284,41 t·ha⁻¹. Seguido de Favero en 61,000 ha de igual modo con la técnica DAP, valorado la captura de carbono en 128,9 Mg C·ha⁻¹ por año por árbol. Para Bernal que del mismo modo utilizó la técnica DAP en 15,000 hectáreas logrando la captura de carbono de 4,5 y 40,7 t CO₂ ha⁻¹ año⁻¹. Seguidamente pardo con la misma técnica en 4.35 ha de *Swietenia macrophylla* logró la captura de carbono de 154,1 Mg ha⁻¹, 1,4 Mg ha⁻¹ y 138,9 Mg ha⁻¹ en tres parcelas diferentes. Es así que los autores mencionados líneas arriba y para Chen con la técnica DAP en 1 hectárea con *Swietenia macrophylla* estimó la captura de carbono de 3,7

Mg·ha⁻¹, 1,3 Mg·ha⁻¹, 32,3 Mg·ha⁻¹, 8,5 Mg·ha⁻¹, y finalmente Pukkala con la técnica de oxidación de carbono orgánico y DAP en 0.55 ha logrado la captura de carbono de 239,8 Mg ha⁻¹ por año en una parcela de 1800 m². El error en la captura de carbono con la aplicación de las técnicas aplicadas mencionadas líneas arriba fue menos del 20%, es así que Pukkala en la aplicación con la oxidación de carbono orgánico completo mostró menos eficacia (40% menor) en comparación con la técnica DAP. Finalmente, el país con mayor concentración de carbono fue en México estudiada por Orozco et al., (2022), debido a los bosques naturales de *G. aculeata* Rupr., los cuales poseen un alto contenido de carbono, muy similar al de especies arbóreas.

Categoría 3: Captura de carbono.

Tabla 9: Biomasa aérea para la captura de carbono.

BIOMASA ARBÓREA					
Autor /Año	País	Porcentaje de captura de carbono	Área boscosa (m ²)	Altura de planta (m)	Densidad (árboles/ha)
Kolo, et al., 2020	Noruega	El porcentaje capturado de carbono por <i>Swietenia macrophylla</i> es de 125 –724 Mg/ha en 10 000 m ² por 100 árboles de la parcela evaluada	10 000 m ²	6 metros – 12 metros	100 árboles
Pinzas et al., 2020	China	El porcentaje de captura de carbono desde el 2002 a 2020 fue de 1025 Mg/ha por árbol en un área de 250 000 m ²	250 000 m ²	7,9,12, 15 metros	1,111 árboles
Nazrulet al., (2020)	Bengala	El porcentaje de captura de carbono en la biomasa fue de (30,000- 500) Mg/ha y varió en años siguientes en (60,000-400) Mg/ha por parcela evaluada.	116,150,000 m ² sembrados en setos e hileras	3, 5.5,6, 9.65,13 metros	1,814,843 árboles
Solis et al., (2020)	Costa Rica	Se determinó que existieron diferencias significativas en el volumen total y CO ₂ acumulado por hectárea de plantación de <i>Swietenia macrophylla</i> , donde se obtuvo 611,05 Mg/ha de CO ₂ fijados en parcela de 8,000 m ² con 666 árboles	8,000 m ²	2.5 - 4.7 - 5,8 metros	666 árboles
VAN, Sanne et al (2021)	Bélgica	Se determinó el porcentaje de captura carbono correspondiente a 688,8–800,7 Mg/ha de carbono sobre el suelo en km ⁻¹	22,1–44,9 m ² km ⁻¹	ND	168–985 árboles km-1
Ellis et al., 2019	Mexico	Las emisiones de carbono fueron contralados desde 15,2 Mg/ha y oscilaron entre 11,9 y 25,5 Mg/ha de CO ₂ por árbol	Evaluaron los impactos de carbono de la plantación de enriquecimiento en claros de tala múltiple de	Los árboles oscilaron en una altura promedio de 28 metros	Se evaluaron 50 árboles en 1800 m ²

BIOMASA ARBÓREA					
Autor /Año	País	Porcentaje de captura de carbono	Área boscosa (m ²)	Altura de planta (m)	Densidad (árboles/ha)
			árboles (400–1800 m ²)		
Velasco y Wee., 2018	Singapur	Las emisiones de carbono fueron contralados 112–224 Mg/ha de CO ² por árbol durante un año	El vecindario evaluado fue de 930 m ² con 60 árboles en Singapur	Los árboles tuvieron una altura promedio y desviación estándar de 7.26 ± 3.70 m	Se evaluaron 60 árboles

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Interpretación:

La tabla 9 muestra la biomasa aérea para la captura de carbono, el autor, país, el porcentaje de captura de carbono, área boscosa, altura de la planta y densidad arbórea. De los 7 autores analizados, los más resaltantes fueron de Nazrulet al., (2020) y Pinzas et al., 2020.

Discusión:

El porcentaje de captura de carbono realizado por los autores en estudio fue mediante la técnica DAP, sin embargo, Ellis et al., 2019 en comparación con el resto de autores sólo evaluó con 50 árboles en México, en un clima tropical, con altura de no menor de 28 metros, siendo muy diferente a los restos de autores que la altura oscila de entre 3 a 15 metros de altura, sin embargo, los autores Kolo, Nazrulet y Van mostraron porcentajes altos de captura de carbono, a pesar de tener alturas muy inferior a Ellis.

Categoría 4: Beneficios de la captura de carbono.

Tabla 10: Tipo de contaminantes controlados por la especie Caoba.

CONTAMINANTES CONTROLADOS					
Especie	Contaminante capturado	Densidad de árboles	País	Método	Fuente
Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>)	Las plantas de (<i>Swietenia macrophylla</i>) existentes en el lugar pudieron absorber CO de 1.889,8 ton/año eficiencia de 48,2% del total de CO ₂ emitido. Ya que las emisiones totales de CO alcanzan las 3.184,6 toneladas/año	Se evaluaron 189 árboles, tuvo un enorme volumen medio de cobertura, es decir a 2.673,01 m ³ .	La ubicación de la investigación se llevó a cabo en Veteran Selatan, ciudad de Makassar, Indonesia	Para el caculo de cantidad de captura de carbono se utilizó la formula % $V = Vj - Ve$ $Ve * 100$	Abduh et al., 2021
Caoba (<i>Sweitenia mahagoni</i>)	Mediante la especie (<i>Sweitenia mahagoni</i>) absorbió CO de 7.82-9.58 ton/año eficiencia de 62,4% del total de CO ₂ emitido. Ya que las emisiones totales de CO alcanzan las 12.184,6 toneladas/año	Se evaluaron 241 árboles, cultivados en una parcela de 16,300 m ² .	La evaluación de la captura de carbono de la contaminación del aire se realizó en ciudad de Dhaka.	Los métodos usados fue el análisis de hojas y tallos calculado en $V_T = G \times H_T \times F_F$	Binte et al., 2021
Caoba	Mediante la especie (<i>Swietenia macrophylla</i>) absorbió el almacenamiento total	Se evaluaron aleatoriamente a los árboles sembrados a 25 m x 25 m datos	El potencial de secuestro de carbono de las combinaciones de rodales de	Se estimaron utilizando las siguientes fórmulas Volumen del	Novor y bugre, 2020

(<i>Swietenia macrophylla</i>)	de carbono de 15 442,17 t/ha por planta al año, mientras tanto la captura total de las 32 hectáreas de CO ₂ fue de 28 310,65 toneladas	de crecimiento en 32 hectáreas, con 283 árboles/ha	<i>Swietenia macrophylla</i> , Ghana.	árbol = a × B danch o × alto AGB = exp { - 2.40 90 + 0.9522 ln (D2 HS) } AGB=Exp{-2. 4090+0.9522en(D2 HS)}	
Caoba	Mediante la evaluación se encontró que el carbono capturado y encontrado en el bosque fue de 10,64 tC/ha, en la hojarasca fue de 6,72 tC/ha y en las raíces del suelo fue de 108,97 tC/ha	Se evaluaron árboles en una hectárea equivalente a 10, 000 m ²	La revista de investigación se realizó en la provincia de San Ignacio, Región Cajamarca, Perú.	Se evaluó 1 ha, en el cual se eligieron sistemáticamente 5 cuadrantes de 400m ² , se instalaron 4 subparcelas cuadradas de 1m ² para la evaluación de carbono capturado utilizando la fórmula $CH = \left(\frac{Phs - Pss}{Phs} \right) \times 100$	Dilas y Huamán, 2018

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Interpretación:

La tabla 10 detalla los tipos de contaminantes controlados por la especie Caoba, el contaminante capturado, la densidad de los árboles, país, método y fuente, teniendo que la Caoba (*Swietenia macrophylla*) es la que tuvo mayor relevancia por la densidad de árboles y el contaminante capturado.

Categoría 5: Países.

Tabla 11: Países del mundo que impulsan el cuidado del medio ambiente.

PAÍSES DEL MUNDO QUE IMPULSAN EL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE.			
País	Contribución en captura de carbono	Conclusiones	Fuente
México un país ubicado en el Hemisferio sur, El estudio se realizó en cuatro localidades de la zona montañosa central del estado de Veracruz, México, El clima que predomina en la región es húmedo con tres estaciones marcadas a lo largo del año (secas, lluvias)	El estado de Veracruz, México contribuye con 12.55 ± 0.05 Mg C ha ⁻¹ de captura de carbono por árbol de <i>mahogani</i> por año.	Las plantaciones con especies <i>Mahogani</i> de sucesión temprana representan una estrategia en acciones de restauración de la atmosfera y constituyen en sumideros de carbono en un porcentaje de 67% que pudo contribuir a la mitigación del cambio climático	Avendaño et al., 2018
El estudio abarcó cinco granjas lecheras ubicadas dentro del condado de Cumbria, al noroeste de Inglaterra, en Eden Valley, que separa las montañas de Cumbria del Distrito de los Lagos de los Peninos del Norte	El país de Inglaterra, en Eden Valley contribuye con 199,7–279,9 Mg C ha ⁻¹ de captura de carbono por árbol de caoba por año.	Se concluye que Inglaterra durante 37 años capturo carbono con los suelos forestales un promedio del porcentaje de 57.2% del total de CO ₂ emitido, quedando el ambiente un 0,02 % de las emisiones.	Biffi et al., 2022
El estudio se realizó en China en campo de 6098 sitios de bosques de caoba	El estudio se realizó en China en campo de 6098 sitios de bosques contribuyendo a la captura de carbono de 3,7 Mg·ha ⁻¹ , 1,3 Mg·ha ⁻¹ , 32,3 Mg·ha ⁻¹ , 8,5 Mg·ha ⁻¹ resultados obtenidos de la evaluación en parcelas de tamaño de 1000 m ² , con 102 árboles	Concluyo que los sistemas de cultivos agroforestales con plantaciones de caoba capturo un promedio de 60% de gases de la atmosfera en áreas de cultivos mayor a 1000 m ²	Chen et al., 2018

La investigación abarco todo el país de Honduras con 4,463 ha de bosques incluidas las especies <i>Swietenia macrophylla</i>	El país de Honduras con sus 4,463 ha de bosques incluidas las especies <i>Swietenia macrophylla</i> contribuye con 265,23 Mg C ha ⁻¹ de captura de carbono por árbol de caoba por año.	Concluyo que mediante los bosques de 4,463 ha con especies de <i>Swietenia macrophylla</i> contribuye con 265,23 Mg C ha ⁻¹ del 48% de CO ₂ producido en el país	Fromm et al., 2018
Se evaluaron en la Zona Atlántica de Costa Rica una red de parcelas permanentes de muestreo que ha sido llevada a cabo por la organización "Reforest The Tropics" en un tamaño de parcela de 640 m ² , y fueron evaluadas 5 parcelas con una cantidad de árboles de 1100 por hectárea	En la Zona Atlántica de Costa Rica con sus 4,463 ha de bosques incluidas las especies <i>Swietenia macrophylla</i> contribuye con 611,05 m ³ *ha ⁻¹ de volumen total y 582,42 Mg*ha ⁻¹ de CO ₂ fijado en la parte arbórea.	Concluyó que los modelos de este estudio generan sostenibilidad entre acumulación de CO ₂ y la generación de ingresos por venta de madera. Se estimó un promedio de 58% de contribución de secuestro de CO ₂ 611,05 m ³ *ha ⁻¹ de volumen total y 582,42 Mg*ha ⁻¹ de CO ₂ fijado en la parte arbórea.	Solís et al., 2020
El estudio evaluó la diversidad de árboles en el Parque Ecocultural Panas, New Corella, Davao del Norte, Filipinas, en una parcela de 4 hectáreas, con una cantidad 420 individuos	En el Parque Ecocultural Panas, New Corella, Davao del Norte, Filipinas con 4 hectáreas y 420 individuos de <i>Swietenia macrophylla</i> contribuye con 176,43 Mg C ha ⁻¹ por árbol por año.	Concluyo que mediante los bosques de 4 ha con especies de <i>Swietenia macrophylla</i> contribuye con 176,43 Mg C ha ⁻¹ equivalente a 62% de secuestro de CO ₂ producido en el país, perjudicando seriamente el cambio climático	Philip Novero., y 2018
El estudio se realizó en la ciudad de Cooch Behar ubicada en la parte norte de Bengala Occidental en una parcela de 50 hectáreas, con una cantidad 25 mil individuos de <i>Swietenia macrophylla</i>	En la ciudad de Cooch Behar ubicada en la parte norte de Bengala Occidental con 50 hectáreas, con una cantidad 25 mil individuos de <i>Swietenia macrophylla</i> contribuyo con 176 Mg C ha ⁻¹ de CO ₂ por árbol por año	Concluyo que mediante los bosques de 50 ha con especies de <i>Swietenia macrophylla</i> contribuye con 176 Mg C ha ⁻¹ en un porcentaje de 48% del total de CO ₂ capturado producido de actividades industriales y parque automotor, que afectan la atmosfera y la capa de ozono acelerando el efecto invernadero.	Pradhan et al., (2020)
El estudio se realizó en la provincia de	En la provincia de Java Central, país de	Se Concluyó que mediante los bosques de las	Astuti et al., (2022)

Java Central, país de Indonesia, se evaluaron 3 parcelas de 20 x 100 m distribuidas aleatoriamente, con una cantidad 157 individuos por parcela de <i>Swietenia macrophylla</i>	Indonesia, en parcelas de 20 x 100 m, con 157 individuos de <i>Swietenia macrophylla</i> contribuyo con 428.80 ton ha-1 de CO2 por año por parcela evaluada	parcelas de 20 x 100 m, con 157 individuos de <i>Swietenia macrophylla</i> contribuyo con 428.80 ton ha-1 equivalente al 89% de CO2 secuestrado por año por la cantidad de individuos de las parcelas evaluadas.	
El estudio se realizó en rodales ubicados en plantaciones en bloque en los distritos de Khulna y Jessore en Bangladesh, se evaluaron 22,9 Hectáreas con una cantidad 2500 individuos por parcela de <i>Swietenia macrophylla</i>	El estudio realizado en rodales ubicados en plantaciones en bloque en los distritos de Khulna y Jessore en Bangladesh, con 44.9 hectáreas, una cantidad de 2500 árboles de <i>Swietenia macrophylla</i> , contribuyo con 34,4 y 351,9 Mg ha- 1 de CO2	Se Concluyó que mediante los bosques en 44.9 hectáreas, con 2500 individuos de <i>Swietenia macrophylla</i> contribuyo con 34,4 y 351,9 Mg ha- 1 equivalente 75% de CO2 secuestrado por año de acuerdo a la cantidad de individuos de las parcelas evaluadas.	Nabiul et al., (2018)

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Interpretación:

La tabla 11 puntualiza los países del mundo que impulsan el cuidado del ambiente, la contribución en captura de carbono, las conclusiones y la fuente, obteniendo que los países de latino américa en preocuparse en la problemática ambiental son México, Honduras y Costa Rica, liderado por México en el estado de Veracruz.

Discusión:

Avendaño et al., 2018, muestra que el estado de Veracruz, o contribuye con 12.55 ± 0.05 Mg C/ha de captura de carbono por árbol aplicando la técnica DAP con un margen de error de 20 % en un clima tropical templado, a diferencia de Biffi et al., 2022 en Inglaterra, que obtuvo 199,7–279,9 Mg C/ha de captura de carbono por árbol de caoba, siendo este más relevante por la cantidad de captura de carbono, aplicó de igual modo la técnica DAP en un clima frío.

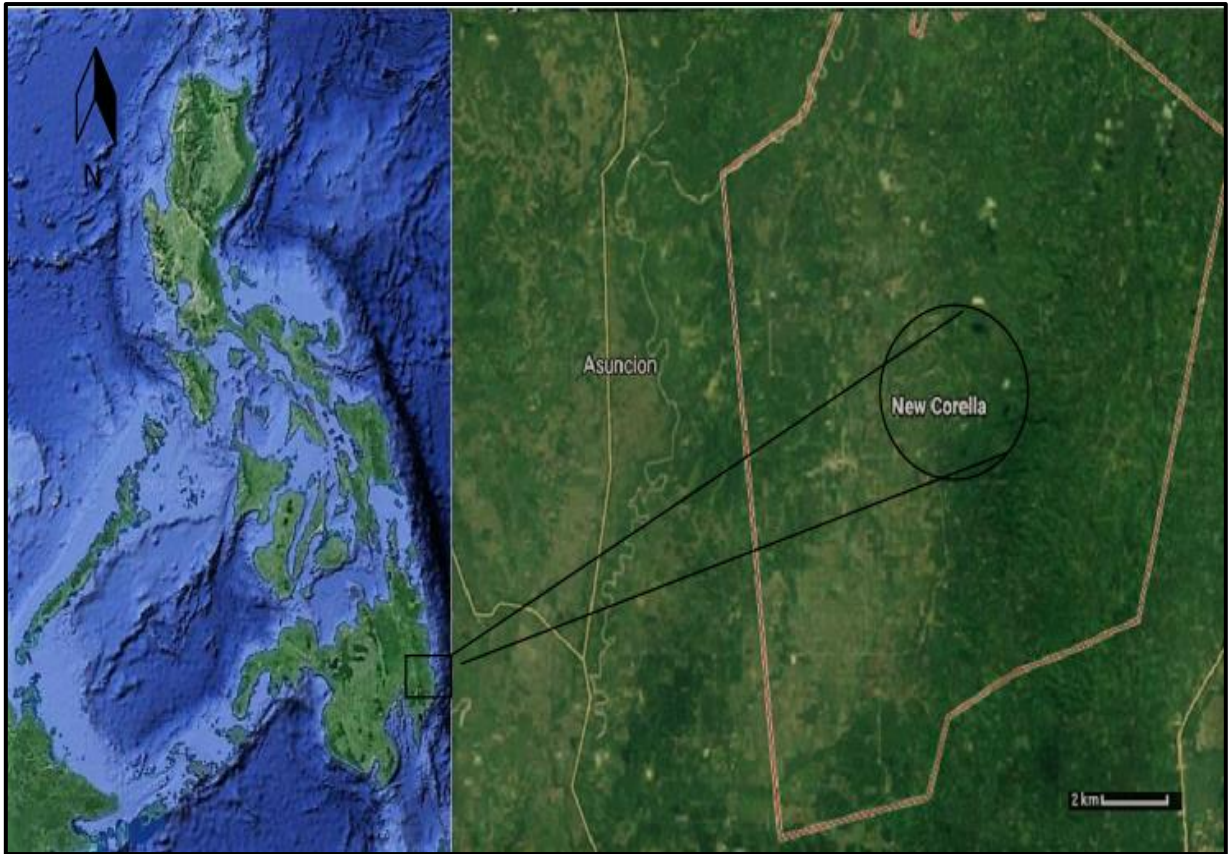


Figura 10: Mapa satelital que muestra New Corella, Davao del Norte, Filipinas
Fuente: Philip y Novero, 2018

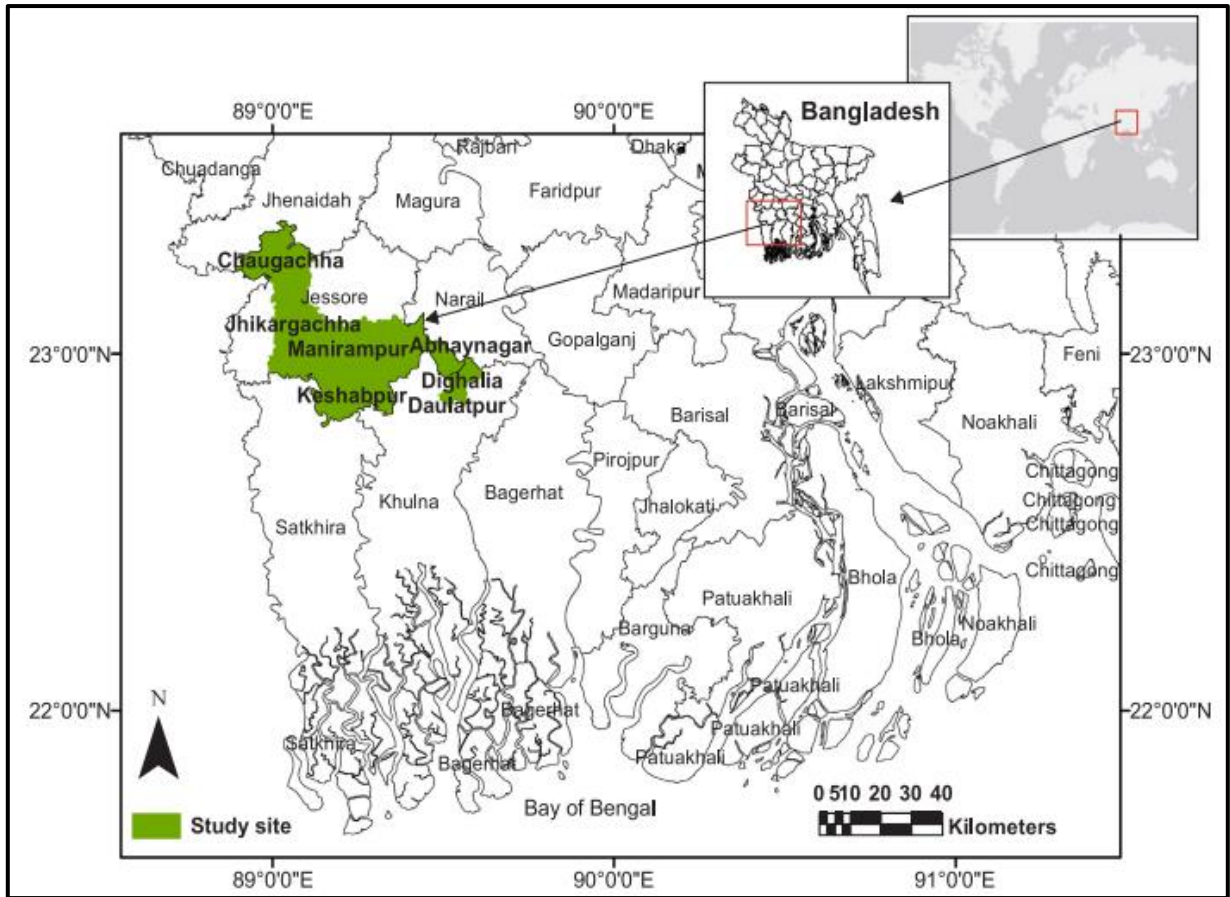


Figura 11: Mapa que muestra el sitio de estudio en los distritos de Khulna y Jessore, en Bangladesh.
Fuente: Nabiul, 2018.

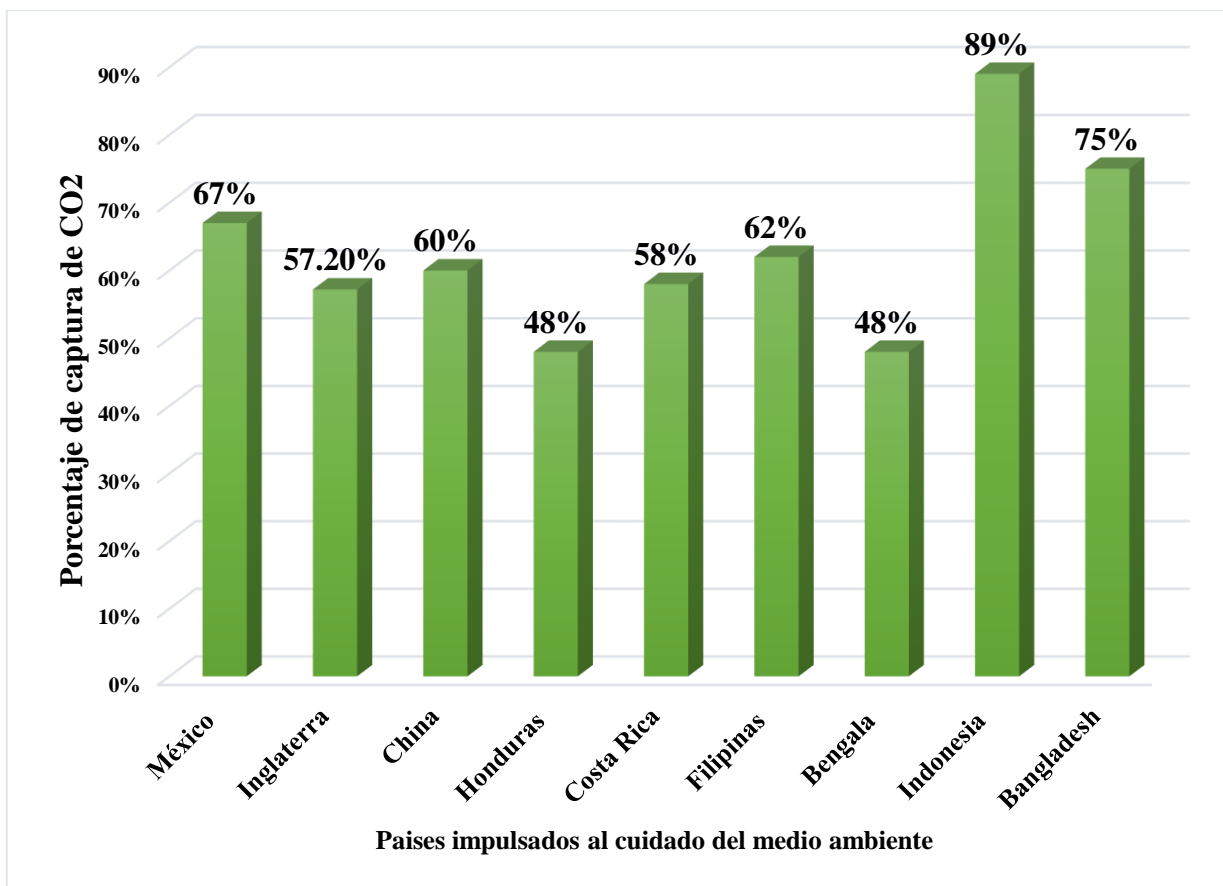


Figura 12: Tabla de países del mundo impulsados al cuidado del medio ambiente. Fuente: Elaboración propia, 2022.

Interpretación: En la figura 12 se demostró los países que contribuyen e impulsan el cuidado del medio ambiente, conoció que México siendo un país de Latinoamérica es el único país que se preocupa en la problemática ligada al cuidado del ambiental.

Discusión:

El estudio se realizó en cuatro localidades de la zona montañosa central del estado de Veracruz, México. Para Inglaterra abarcó cinco granjas lecheras ubicadas dentro del condado de Cumbria, al noroeste de Inglaterra, en Eden Valley, que separa las montañas de Cumbria del Distrito de los Lagos de los Peninos del Norte. Para China abarco los campos de 6098 sitios no especificados. Para Honduras abarco todo el país con bosques de *Swietenia macrophylla*. Para Costa Rica en la Zona Atlántica de Costa Rica una red de parcelas no especificadas. Para Filipinas abarco la diversidad de

árboles en el Parque Ecocultural Panas, New Corella, Davao del Norte, Filipinas. Para Bengala se realizó en la ciudad de Cooch Behar ubicada en la parte norte de Bengala Occidental contribuidor al cuidado del medio ambiente. Para Indonesia se realizó en los bosques de la provincia de Java Central, país de Indonesia. Por último, el país que contribuye en el cuidado del medio ambiente en rodales ubicados en plantaciones en bloque en los distritos de Khulna y Jessore en Bangladesh. No obstante Indonesia es el país que lidera el cuidado y protección del ambiente y el menor el Bengala.

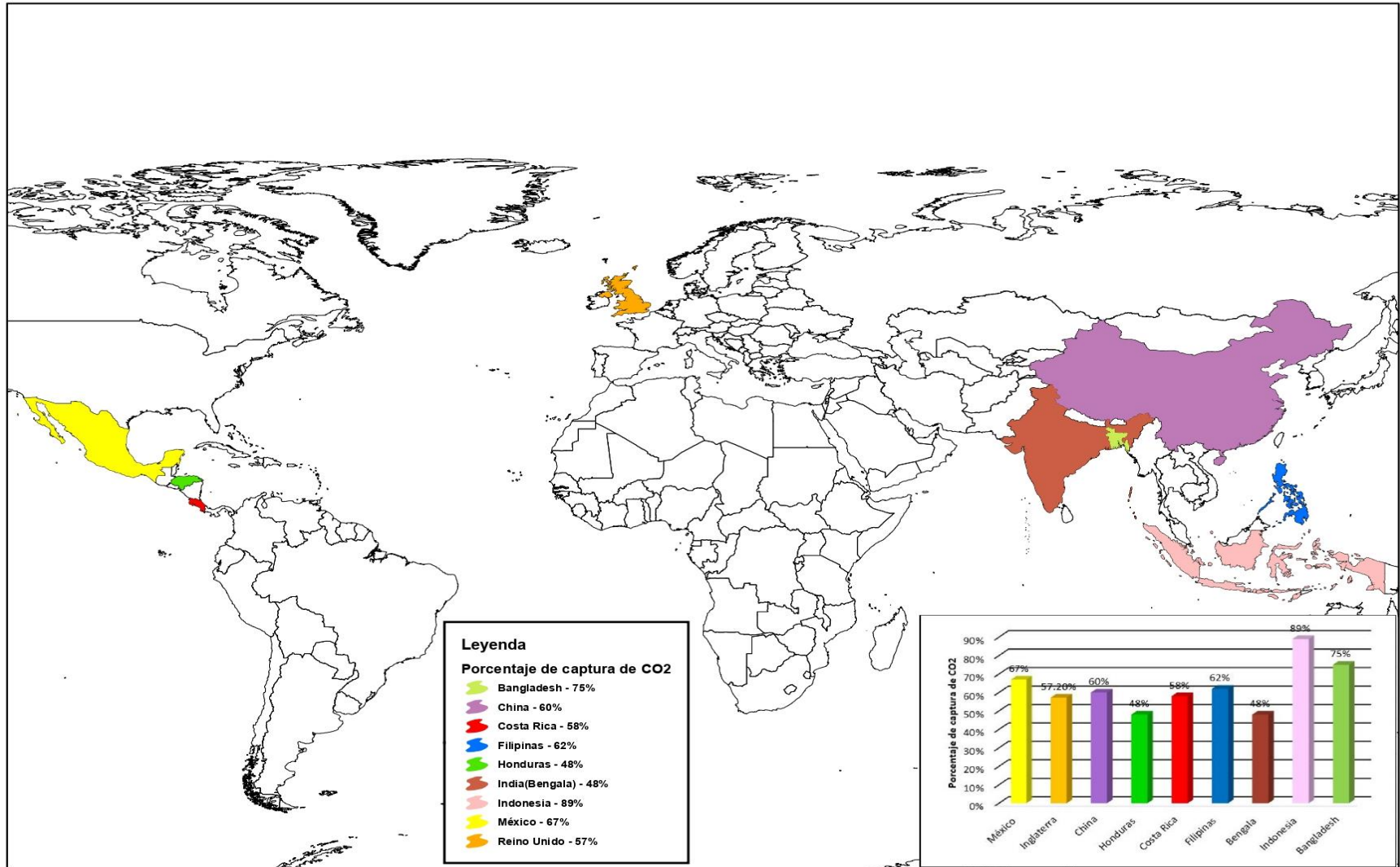


Figura 13: Mapa de países del mundo impulsados al cuidado del medio ambiente.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

V. CONCLUSIONES

OG: Se conoció que el potencial de captura de carbono con el uso de especie Caoba permitió reducir la cantidad de gases tóxicos expuestos en la atmósfera, residentes de actividades industriales, domesticas, parque automotor, etc., considerados estos contaminantes influyentes en el cambio climático, por ello la captura carbono fue eficaz en reducir los porcentajes de los gases dispersados en el aire.

OE1: Se conocieron las principales características de la especie Caoba, como los tipos de flores, color de madera, diseño de las hojas, el tiempo de crecimiento, altura durante los años previstos, diámetros, la cual fueron fundamental para la captura de carbono, por la cantidad de biomas que la planta absorbió.

OE2: Se determinó la influencia de las regiones climáticas mediante la expansión de siembra al nivel mundial, por lo que vario depende al país con climas húmedos, climas tropicales, Climas Semiseco, climas templados, etc. Estos climas fueron muy influyentes en el crecimiento y en la captura de carbono.

OE3: Se conoció la cantidad carbono acumulado por la swietenia caoba de acuerdo a la cantidad de árboles que se encontraron en los bosques, asimismo por el tamaño de la planta influyo en la eficacia de los porcentajes de acumulación de carbono en parte de las hojas, tallos y raíces.

OE4: Se conoció el beneficio que se dio por la captura de contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre y partículas de tipo PM₁₀ con la utilización de la especie Caoba, reduciendo los porcentajes de concentración de estos gases presentes en el aire, que provocan el calentamiento global, el cambio climático y perjudican la salud de las personas y la biodiversidad de especies que se encuentran en el suelo.

OE5. Se determinaron países del mundo entre ellos México, Francia, China, Honduras, Costa Rica que impulsan el cuidado del medio ambiente con las siembras de especies de tipo swietenia (caoba), con el fin que estos árboles cumplieron con la función de reducir la cantidad de gases que se encontraron situados en la atmosfera que provocaban lluvias ácidas perjudicando los cultivos agrícolas y especies presentes en los suelos.

VI. RECOMENDACIONES

OG: Se recomienda a futuros investigadores seguir realizando este tipo de investigaciones ligados al potencial de captura de carbono, ya que es un sistema muy fácil y económico, y muy eficaz en reducir los contaminantes en forma de gases y material particulado provenientes de actividades industriales y la combustión por el parque automotor, entre otros que se encuentran situados en el ambiente.

OE1: Las futuras investigaciones enfocarse más afondo en las características de la especie caoba ya que por los diferentes climas y el tipo de suelos estas varían en el tiempo de crecimiento, espesor del tronco, coloración de las hojas, el tamaño, así conocer al máximo el funcionamiento del secuestro de carbono.

OE2: Se recomienda a los que realizan investigaciones en captura de carbono con *Swietenia macrophylla* tener en cuenta las regiones climáticas la cual son influyentes en el crecimiento y desarrollo de la planta, además de la captura del contaminante.

OE3: Se recomienda que para conocer la cantidad de captura de carbono aculado en la planta determinar el uso de las formulas y el peso de los restos de la planta entre ellos las hojas, tallos y raíces quienes son los que retienen al contaminante en biomasa. Así conocer el porcentaje de acumulación del contaminante por planta.

OE4: Se recomienda a las autoridades de diferentes países y regiones del mundo impulsar a la reforestación con la especie caoba en las áreas deforestadas por alguna actividad realizada por el hombre, ya que esta cumple la función de captura de contaminantes como dióxido de carbono (CO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y partículas de tipo PM₁₀ que se encuentran el aire perjudicando severamente la capa de ozono y posteriormente el cambio climático.

OE5: Se recomienda a los países seguir con la labor de impulsar el cuidado del medio ambiente con la siembra de especies de *Swietenia macrophylla* ya que son muy eficaces en secuestro de carbono y ayudan en reducir las emisiones de gases contaminantes provenientes de diferentes actividades.

REFERENCIAS

- ABDUH, Natsir et al. Carbon Monoxide Gas Pollution Control Model Using Reducing Plants [En Línea] Journal of Environmental Treatment Techniques 2021, Volume 9, Issue 2, Pages: 428-434 2021 [Fecha de consulta: 06 de marzo de 2022] Disponible: [https://doi.org/10.47277/JETT/9\(2\)434](https://doi.org/10.47277/JETT/9(2)434)
- ANTOINE, Vincent. El Contexto Ambiental de la Amazonía Boliviana Un aporte a la línea base contextual para la red Eclesial de la Amazonía Boliviana, 2021 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible: <https://www.researchgate.net/publication/349701528>
- AGUIRRE, Zhofre et al. Estimación del carbono acumulado en una parcela permanente de bosque andino en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador [En Línea] Arnaldoa vol.25 no.3 Trujillo set./dic. 2018 [Fecha de consulta: 21 de febrero de 2022] Disponible: <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25307>
ISSN: 2413-3299
- ARIAS, Maria y MORA, Clara. Investigación y Educación [En Línea] Universidad de Antioquia Colombia, 2006 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/1052/105222406020.pdf>
ISSN: 0120-5307
- ASTUTI, Vivi et al. Potential of carbon storage and sequestration in the Heroes Park City Forest, Purworejo Regency, Central Java [En Línea] Juurnal Natural 22 Número 1, Febrero 2022 [Fecha de consulta: 18 de enero de 2022] Disponible: DOI 10.24815/jn.v22i1.21798
ISSN: 1411-8513
- AVENDAÑO, María et al. 2018. Store carbon in aboveground biomass of experimental plantations with species of early successional cloud forest. [En Línea] January 2019, [Fecha de consulta: 18 de enero de 2022] Disponible: DOI: 10.17129/botsci.2031
ISSN: 001- 031

- AVILA, Rafael et al. Caoba *Swietenia macrophylla* Paquete Tecnológico Forestal [En Línea] Instituto Nacional de Bosques Guatemala, 2018 [Fecha de consulta: 18 de enero de 2022] Disponible: https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2802/Technical/SWIEMA.pdf
- BABBAR, Deepakshi et al. Assessment and prediction of carbon sequestration using Markov chain and InVEST model in Sariska Tiger Reserve, India, [En Línea] Volume 278, 1 January 2021, 123333, [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123333>
ISSN: 123 – 333
- BESTER. Gases de efecto invernadero (GEI). Advertencia global sobre el cambio climático [En Línea] Building a sustainable a sustainable world, 2018 [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2022]
- BERNAL, Blanca et al. Global carbon dioxide removal rates from forest landscape restoration activities [En Línea] Carbon Balance Manage, 2018. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1186/s13021-018-0110-8>
- BERTOL, Maureen. Caoba africana: el libro destaca el crecimiento significativo de la especie en Brasil y detalla la producción y las perspectivas [En Línea] Florestas e silvicultura, 2019. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: www.embrapa.br/fale-conosco/sac/
- BIFFI, Sofia et al. Soil carbon sequestration potential of planting hedgerows in agricultural landscapes [En Línea] Volume 307, 1 April 2022, 114484. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114484>
- BINTE, Zuairía et al. Effects of Air Borne Particulate Matter on the Plants Grown in Different Areas of Dhaka Mega City, Bangladesh: An Air Pollution Tolerance Study [En Línea] Environmental Claims Journal Volume 33, 2021 - Issue 4 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1080/10406026.2020.1858606>
- BORDOLOI, R et al. Satellite based integrated approaches to modelling spatial carbon stock and carbon sequestration potential of different land uses of Northeast India,

[En Línea] Volume 13, February 2022, 100166, [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100166>

CAMPOS, Joseph et al. Establecimiento de un protocolo de desinfección y micropropagación *in vitro* de "caoba" *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). [En Línea] Arnaldoa [online]. 2020, vol.27, n.1, pp.141-156. ISSN 1815-8242. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27107>.

CARVALHO, Romario et al. Carbon capture and storage technologies and efforts on climate change in Latin American and Caribbean countries [En Línea] 2021, Pages 75-106 [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85250-0.00017-7>
ISSN: 000-177

CÁRDENAS, Dairon. Planes de Manejo para la Conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes, [En Línea] Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI, 2018 [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible: <https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/planesdemanejoparalaconservacion.pdf>

CORVALÁN, Patricio et al. Un método de muestreo para predecir la edad de ramas de primer orden [En Línea] Colomb. for. vol.22 no.1 Bogotá Jan./June 2019 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.14483/2256201x.13227>

CHEN, Shiping et al. Plant diversity enhances productivity and soil carbon storage [En Línea] PNAS April 17, 2018 115 (16) 4027-4032 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1073/pnas.1700298114>

DAVIDSON, Neil et al. Dry biomass and carbon sequestration in environmental plantings in the Midlands of Tasmania, [En Línea] First published: 30 December 2021, [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1111/emr.12529>
ISSN: 012 – 529

- DÍAZ, Claudio. Investigación cualitativa y análisis de contenido temático. Orientación intelectual de revista Universum [En Línea] Revista General de Información y Documentación, 2017 [Fecha de consulta: 10 de Febrero de 2022] Disponible: DOI: <https://doi.org/10.5209/RGID.60813>
- DILAS, Josue y HUAMÁN, Andrés. Captura de carbono por un bosque montano de neblina del Perú [En Línea] Revista de investigación científica y tecnológica, Vol. 1 Núm. 3 (2020) [Fecha de consulta: 5 de Marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.47422/ac.v1i3.16>
- ELLIS, et al. Reduced-impact logging practices reduce forest disturbance and carbon emissions in community managed forests on the Yucatán Peninsula, Mexico [En Línea] Forest Ecology and Management Volume 437, 1 April 2019, Pages 396-410 [Fecha de consulta: 5 de Marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.01.040>
- FANG, Yan et al. Carbon storage and carbon sequestration potential under the Grain for Green Program in Henan Province, China, [En Línea] Volume 100, March 2018, Pages 147-156, [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.010>
- FAVERO, Alicia et al., arbon sequestration, biomass energy, or both [En Línea] Sci Adv 2020 Mar 25 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: DOI: 10.1126/sciadv.aay6792
- FRADETTE, Olivier et al. Additional carbon sequestration potential of abandoned agricultural land afforestation in the boreal zone: A modelling approach, [En Línea] Volume 499, 1 November 2021, 119565, [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119565>
ISSN: 119 – 565
- FROMM, Ingrid et al. 2018. Estudio Socioeconómico de un Proyecto de Reforestación Implementado con Pequeños Productores de Cacao en Honduras. [En Línea] Vol. 1 No. 1, Febrero 2018, [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: DOI: 10.5377/ceiba.v55i1.5449
ISSN: 515 449

- GANAME, Moussa et al. Aboveground biomass allocation, additive biomass and carbon sequestration models for *Pterocarpus erinaceus* Poir. in Burkina Faso, [En Línea] Volume 6, Issue 4, April 2020, e03805, [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e003805>
ISSN: 003 - 805
- GAMAZO, Carolina. Guatemala: las comunidades que salvaron la caoba en la Reserva de la Biósfera Maya [En Línea] Mongabay, 2018 [Fecha de consulta: 5 de Marzo de 2022]
- GEOGRAFÍAS DEL MUNDO. Climas del mundo: tipos y mapa distribución de zonas climáticas [En Línea] Tipos de climas del mundo las zonas climáticas – mapa [Fecha de consulta: 5 de Marzo de 2022] https://historiaybiografias.com/mapa_climas_mundo/
- GUILLMOT, Joannes et al. Neighbourhood-mediated shifts in tree biomass allocation drive overyielding in tropical species mixtures [En Línea] 04 June 2020 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1111/nph.16722>
ISSN: 12 - 010
ISSN: 003 – 805
- GUTIÉRREZ, Raúl y DÍAZ, Irving. Estadísticas de los recursos forestales de Panamá [En Línea] Dirección Nacional Forestal/Autoridad Nacional del Ambiente, Panamá, 2021 [Fecha de consulta: 5 de marzo de 2022] Disponible: <https://www.fao.org/3/ad102s/AD102S14.htm#TopOfPage>
- GRACAS, Aline et al. Growth, nutrition and efficiency in the transport, uptake and use of nutrients in African mahogany [En Línea] Rev. Ciênc. Agron. 51 (2) 2020 [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200024>
ISSN: 200-024
- HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA. Metodología de la investigación, 2014 [Fecha de consulta: 14 de Enero de 2022] Disponible en: https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf

- HERRERA, Robinson Y SHIGUANGO, Geovany. Distribución potencial de *Swietenia macrophylla* King (Caoba) bajo condiciones climáticas actuales y futuras [En Línea] Universidad estatal amazónica, 2019 [Fecha de consulta: 16 de Enero de 2022] Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/510/1/T.AMB.B.UEA.3196.pdf>
- HUANG, Ze et al. 2020. Carbon accumulation by *Pinus sylvestris* forest plantations after different periods of afforestation in a semiarid sandy ecosystem. [En Línea] Volumen 32, Número 6. April 2021, [Fecha de consulta: 16 de Enero de 2022] Disponible en: DOI: 10.1002/ldr.3858
ISSN: 3858
- Investigación Forestal del Instituto Nacional de Bosques (INAB). Paquete tecnológico Forestal Caoba de Peten *Swietenia macrophylla* King [En Línea] Instituto Nacional Del Bosque, 2019 [Fecha de consulta: 8 de marzo de 2022] Disponible en: <https://docplayer.es/180392190-Publicacion-del-instituto-nacional-de-bosques-inab-7a-avenida-zona-13-guatemala-guatemala-centro-america-ww-inab-gob-gt.html>
- IKHSAN, H et al. Estimation of aboveground biomass and carbon stock in a pine-mahogany mixture stands at specific purpose forest area of Gunung Bromo, Karanganyar [En Línea] Earth and Environmental Science 637 (2021) 012021 [Fecha de consulta: 12 de febrero de 2022] Disponible en: doi:10.1088/1755-1315/637/1/012021
- JAGODZIŃSKI, Andrzej et al. Differences in biomass production and carbon sequestration between highland and lowland stands of *Picea abies* (L.) H. Karst. and *Fagus sylvatica* L. [En Línea] Volume 474, 15 October 2020, 118329, [Fecha de consulta: 16 de Enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118329>
- KANDASAMY, Kathiresan et al. Carbon sequestration and storage in planted mangrove stands of *Avicennia marina*, [En Línea] Volume 43, March 2021, 101701, [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101701>

- KOLO, Horst et al. Optimizing forest management for timber production, carbon sequestration and groundwater recharge [En Línea] *Ecosystem Services* Volume 44, August 2020, 101147 [Fecha de consulta: 14 de febrero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101147>
- KUNETSOVA, Anastasiia et al. 2021. Vinculación de la vegetación, las reservas de carbono del suelo y las lombrices de tierra en los bosques de coníferas y latifoliadas de las tierras altas. [En Línea] Vol. 12 No. 9, agosto 2021, [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: DOI: 10.3390/f12091179
ISSN: 1209 1179
- LAREKENG, S et al. Observation of morphological and physiological characteristics on Abangares Mahogany (*Swietenia macrophylla* King.) In South Sulawesi [En Línea] *Earth and Environmental Science*, 2019. [Fecha de consulta: 18 de marzo de 2022] Disponible: doi:10.1088/1755-1315/270/1/012022
- LEFEBVRE, David et al. 2021. Assessing the carbon capture potential of a reforestation project. [En Línea] October 2021, [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: DOI: 10.1038/s41598-021-99395-6
ISSN: 993 956
- LEYVA, Tania. Almacenamiento de carbono en bosques con manejo forestal comunitario [En Línea] Vol. 27 Núm. 4 (2021): Número especial. Invierno 2021 [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2742421>
- LOZADA, José. Definición, Propiedad Intelectual e Industria de la investigación aplicada [En Línea] *Centro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos*, 2014 [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
ISSN: 1390-9592
- LORETTA, Gratani et al. 2019. Capacidad de secuestro de dióxido de carbono del Jardín Botánico de Roma: beneficios ambientales y económicos. [En Línea] Vol. 10 No. 8, Agosto 2019, [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: DOI: 10.4236/ajps.2019.108090.
ISSN: 108 090

- LUKINA, Natalia et al. 2020. Vinculación de la vegetación forestal y las reservas de carbono del suelo en el noroeste de Rusia. [En Línea] Vol. 11 No. 9, Setiembre 2020, [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: DOI: 10.3390/f11090979
ISSN: 1109 0979
- MARISHA, S et al., Economic valuation on carbon sequestration and carbon stocks at green open space based on cost of illness [En Línea] Earth and Environmental Science 528 (2020) 012035 [Fecha de consulta: 12 de febrero de 2022] Disponible: doi:10.1088/1755-1315/528/1/012035
- MARTINS, et al., 2018. Morphometric diversity between fruits and seeds of mahogany trees ('Swietenia macrophylla' King.) from Parakana Indigenous Land, Para State, Brazil [En Línea] Australian Journal of Crop Science, Volume:12, ISSN:1835-2693 [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.605638855811995>
- MENESES, Ronalds & Zamora, Noe. 2018. Valoración económica del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en la cobertura forestal - Parque Nacional del Huascarán. [En Línea] Vol. 6 No. 1, Setiembre 2018, [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: DOI: 10.24039/cv201861255
ISSN: 20186 1255
- MORA, Celia et al. Estimation of aboveground biomass of *Robinia pseudoacacia* forest in the Yellow River Delta based on UAV and Backpack LiDAR point clouds [En Línea] Volume 86, April 2020, 102014. [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.102014>
ISSN: 102 – 014
- MOHKUN, Hafiz et al. Carbon sequestration potential and soil characteristics of various land use systems in arid región, [En Línea] Volume 264, 15 June 2020, 110254, [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110254>
- NASCIMENTO, Sergio et al. Economic and edaphoclimatic evaluation of Brazilian regions for African mahogany planting - an approach using the SAPEVO-M-NC ordinal method [En Línea] First published: Volume 199, 2022, Pages 323-330,

[Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible:
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.196>

ISSN: 012 – 529

NAN, Different alkaline minerals interacted with biomass carbon during pyrolysis: Which one improved biochar carbon sequestration [En Línea] Volume 255, 10 May 2020, 120162 [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible:
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120162>

ISSN: 120-162

NABIUL, M. Allometric relationships of stem volume and stand level carbon stocks at varying stand density in *Swietenia macrophylla* King plantations, Bangladesh [En Línea] Forest Ecology and Management Volume 430, 15 December 2018, Pages 639-648 [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible:
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.002>

NAZRULET, Kasi et al. Impact of co-management on tree diversity and carbon sequestration in protected areas: Experiences from Bangladesh, [En Línea] Volume 2, December 2020, 100033, [Fecha de consulta: 28 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2020.100033>

NACIONES UNIDAS. El cambio climático y los acuerdos internacionales [En Línea] energía y sociedad, 2012 [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible en: <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/3-1-el-cambio-climatico-y-los-acuerdos-internacionales/>

NOVOR, Samuel y BUGRE, Simon. Growth Performance, Undergrowth Diversity and Carbon Sequestration Potentials of Tree Species Stand Combinations, Ghana [En Línea] Open Journal of Forestry > Vol.10 No.1, January 2020 [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible: DOI: 10.4236/ojf.2020.101010

OSURI, Anand et al. 2019. Greater stability of carbon capture in species-rich natural forests compared to species-poor plantations. [En Línea] February 2020, [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible: DOI: 10.1088/1748-9326/ab5f75
ISSN: 1748-9326

OROZCO, Celia et al. Soil Carbon Storage in Experimental Forest Plantations with Tropical Species [En Línea] Open Journal of Forestry > Vol.12 No.1, January

2022 [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible:
DOI: 10.4236/ojf.2022.121001

PATIÑO, Stefanny et al. Captura de carbono en biomasa en plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Armero-Guayabal, Tolima, Colombia [En Línea] RIAA Área Agrícola, 2018 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible: DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.2312>

PASCUA et al. Carbon Sequestration Potential of Tree Species at Isabela State University Wildlife Sanctuary (ISUWS), Cabagan, Isabela, Philippines [En Línea] Open Journal of Ecology > Vol.11 No.5, May 2021 [Fecha de consulta: 25 de febrero de 2022] Disponible en: DOI: 10.4236/oje.2021.115030

PARDO, Yelly et al. Carbon capture in three land use systems in the Colombian Amazonia [En Línea] Revista de Ciencias Agrícolas - Second semester, July - December 2021 [Fecha de consulta: 25 de febrero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.22267/rcia.213802.160>

PINZAS, Xiaowei et al. Forest management in southern China generates short term extensive carbon sequestration [En Línea] Published: 08 January 2020 [Fecha de consulta: 25 de febrero de 2022] Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41467-019-13798-8>

PHILIP, Neil y NOVERO, Annabelle. Tree diversity and community characteristics in Panas, Eco-cultural Park, Davao del Norte, Philippines [En Línea] AAB Bioflux, 2018, Volume 10, Issue 3 [Fecha de consulta: 25 de febrero de 2022] Disponible en: <http://www.aab.bioflux.com.ro>

PRADHAN, Ricky et al. Ecosystem services of urban green sites- A case study from Eastern Himalayan foothills [En Línea] Trees, Forests and People Volume 2, December 2020, 100029 [Fecha de consulta: 25 de febrero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2020.100029>

POKHREL et al. Analyzing the Relationship, Distribution of Tree Species Diversity, and Above-Ground Biomass on the Chitwan-Annapurna Landscape in Nepal. [En Línea] Volume 2020, Article ID 2789753, [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1155/2020/2789753>

ISSN: 278 9753

- POPE, C. Rigour and qualitative research [En Línea] BM 1995 Jul 8;311 (6997):109-12
[Fecha de consulta: 16 de marzo de 2022]
- PUKKALA, Timo. Calculating the Additional Carbon Sequestration of Finnish Forestry,
[En Línea] Published online: 21 Jul 2020, [Fecha de consulta: 12 de enero de
2022] Disponible: <https://doi.org/10.1080/10549811.2020.1792935>
ISSN: 179 – 2935
- RACELIS, Elenita et al., Carbon Sequestration by Large Leaf Mahogany (*Swietenia
macrophylla* King.) Plantation in Mount Makiling Forest Reserve, Philippines: A
Decade After [En Línea] Journal of Environmental Science and Management,
2019 [Fecha de consulta: 28 de Febero de 2022] Disponible en:
https://doi.org/10.47125/jesam/2019_1/08
- ROCKWOOD, Donald et al. Economic potential for carbon sequestration by short
rotation eucalypts using biochar in Florida, USA, [En Línea] Volume 7, March
2022, 100187 [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100187>
- ROJAS, F et al. 2019. Impact of timber harvesting on carbon storage in montane forests
of central Mexico. [En Línea] Vol. 50 No. 6, November 2019, [Fecha de consulta:
15 de enero de 2022] Disponible en: DOI: 10.1007/s11056-019-09714-z
ISSN: 0190 9714
- ROSTAMI, Z et al. Assessment of carbon sequestration rate in biomass and soil of
Iranian oak stands under charcoal production (Case study: Bastam area of Al-
shater city) [En Línea] Volume 12, Issue 2, [Fecha de consulta: 12 de enero de
2022] Disponible: http://www.ijf-isaforestry.ir/article_113991_en.html?lang=en
- RUEDA, L. El rigor en la investigación cualitativa [En Línea] Vol. 24. Núm. 5. páginas
295-300 (Septiembre 1999). , [Fecha de consulta: 16 de Marzo de 2022]
- SACCO, alice et al. Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration,
biodiversity recovery and livelihood benefits, [En Línea] First published: 25
January 2021, [Fecha de consulta: 11 de enero de 2022] Disponible:
<https://doi.org/10.1111/gcb.15498>
ISSN: 015 – 498

- SANGEETA, Reginald. Comparative evaluation of *Cassia siamea* and *Albizia lebbek* for their potential to recover carbon and nutrient stocks in a chronosequence post-mining site, [En Línea] Volume 208, January 2022, 105726 [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105726>
- SALGADO, Jorge. Metodologias investigacion Colombia, 2007. [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible: https://www.academia.edu/10163287/Metodologias_investigacion_COLOMBIA
- SAYADAT, Najmus. Existencias totales de carbono en el lote de bosques de *swietenia macrophylla* en Bangladesh. [En Línea] Universidad de Khulna, 2019. [Fecha de consulta: 12 de febrero de 2022] Disponible: <https://www.researchgate.net/publication/353841550>
- SOLÍS, Adrian et al. Carbon capture potential in mixed plantations with *Araucaria hunsteinii* K. Schum. in the Atlantic Zone, Costa Rica. [En Línea] December 2020, [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible: DOI: 10.18845/rfmk.v16i42.5537
ISSN: 425-537
- SOUSA, Rodrigo et al. Climate zoning for the cultivation of african mahogany species in Brazil [En Línea] *cerne* 26 (3) Jul-Sep 2020 [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1590/01047760202026032748>
- SHAMAN, Saleh et al. The carbon sequestration potential of urban public parks of densely populated cities to improve environmental sustainability [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102064>
ISSN: 102-064
- SHARMA, Richa., et al. Assessment of Carbon Sequestration Potential of Tree Species in Amity University Campus Noida. [En Línea] Environmental sciences proceedings 13 November 2020 [Fecha de consulta: 14 de febrero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.3390/IECF2020-08075>
- SUÁREZ, Martín. El carácter científico de la investigación [En Línea] Universidad Rovira I Virgili. Tarragona – Cataluña - España. 2007 [Fecha de consulta: 14 de febrero de 2022] Disponible:

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8922/10CapituloXEIcaracterCientificodelainvestigaciontfc.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

ISBN: 978-84-690-7627-9

TENORIO, Carolin et al. 2019. Production and Regression Models for Biomass and Carbon Captured in Gmelina arborea Roxb. [En Línea] Trees in Short Rotation Coppice Plantations in Costa Rica. July 2019, [Fecha de consulta: 11 de enero de 2022] DOI: 10.3390/f10070593

ISSN: 070 -593

TIMILEHIN, Emmanuel et al. Carbon stock and sequestration potential of Ibodi monkey forest in Atakumosa, Osun state, Nigeria [En Línea] Trees, Forests and People Volume 2, December 2020, 100031 [Fecha de consulta: 11 de enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2020.100031>

TOMAYO, Carla. Técnicas e instrumentos de recolección de datos [En Línea] Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, 2006 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022] Disponible en: <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/23.pdf>

TORRES, Juan. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año [En Línea] Informe Nacional México, 2020 [Fecha de consulta: 11 de enero de 2022] Disponible en: copyright@fao.org

UTHAPPA, A y DEVAKUMAR A. Carbon sequestration potential of different land use systems in semi-arid regions of Karnataka [En Línea] Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 2021; Sp 10(1): 371-376 [Fecha de consulta: 12 de febrero de 2022] Disponible: <http://dx.doi.org/10.22271/phyto>

VAN, Sanne et al. Biomass increment and carbon sequestration in hedgerow-grown tres, [En Línea] Volume 70, December 2021, 125894, [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125894>

ISSN: 125 894

- VETTIKAT, Lejish et al. Significant emissions of dimethyl sulfide and monoterpenes by big-leaf mahogany trees: discovery of a missing dimethyl sulfide source to the atmospheric Environment [En Línea] *atmósfera química Phys.*, 20, 375–389, 2020 [Fecha de consulta: 12 de febrero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.5194/acp-20-375-2020>
- VINOD, Joshi et al. Tree biomass and carbon stock assessment of subtropical and temperate forests in the Central Himalaya, India, [En Línea] Volume 6, December 2021, 100147, [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100147>
ISSN: 100 – 147
- YAO, Zongbao et al. Carbon storage and carbon sequestration potential under the Grain for Green Program in Henan Province, China, [En Línea] Volume 100, March 2018, Pages 147-156, [Fecha de consulta: 25 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.010>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

Problema	Objetivo	Categoría	Subcategoría	Criterios
PG: ¿Cuál es el potencial de captura de carbono por el género Swietenia (Caoba), revisión sistemática, 2022?	OG: Evaluar el potencial de captura de carbono del género Swietenia (Caoba), revisión sistemática, 2022	Características de Especie Caoba	<ul style="list-style-type: none"> • Características fisiológicas • Tiempo de crecimiento • Forma de siembra 	<ul style="list-style-type: none"> • Textura, Color, Resistencia, Periodo de vida, Modo utilizable • 1 mes, 1 año, 10 años, 20 años • En hileras, Distancia
Específicos	Específicos			
PE: ¿Cuáles son las características de la especie swietenia (Caoba)?	PE: Determinar las características de la especie swietenia (Caoba)	Regiones climáticas	Climas	<ul style="list-style-type: none"> • Templado, • Húmedo • Tropical • Seco
PE: ¿Cómo influyen las regiones climáticas en la extensión de la swietenia (caoba)?	PE: Determinar la influencia de las regiones climáticas en la extensión de la swietenia (caoba)	Captura de carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Extensión del área de árboles • Altura de árboles • Cálculo de la captura de carbono • Cantidad de árboles • Biomasa herbácea 	<ul style="list-style-type: none"> • Área boscosa, Nivel de deforestación. • Inventario de arborización, Medida de árboles • $CH=(Phs-Pss) / Phs$ • $Y = PHt - (PHt * CH)$ • Cantidad de árboles por hectárea • Cantidad de arbustiva y herbácea por Cuadrantes, Peso fresco de hoja de muestra, Peso seco de la hoja, recolectada
PE: ¿Cuánto carbono acumula la swietenia (caoba)?	PE: Determinar la cantidad carbono acumulado en la swietenia (caoba)	Beneficios de la captura de carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de contaminantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de carbono (CO2) • Dióxido de Nitrógeno (NO2) • Dióxido de Azufre (SO2) • Partículas PM10 • Oxígeno

<p>PE: ¿Qué beneficios se logra mediante la captura de carbono?</p>	<p>PE: Determinar los beneficios que se logra mediante la captura de carbono</p>	<p>Países que impulsan el cuidado del medio ambiente</p>	<p>Hemisferio Sur</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● México ● Brasil ● Panamá
<p>PE: ¿Qué Países del mundo que impulsan el cuidado del medio ambiente?</p>	<p>PE: Identificar los países del mundo que impulsan el cuidado del medio ambiente</p>		<p>Hemisferio Norte</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Suiza ● Honduras ● Australia