

**RETENCIÓN DE CARBONO EN BOSQUE TEMÁTICO DEL JARDÍN BOTÁNICO DE  
CAMAGÜEY, CUBA.**

Nestor Alonso Machado Herrera

Facultad de ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey, Cuba

Opción de grado pasantías internacionales

Docente Tutor: Dionne Paola Ballesteros  
Asesor Externo: Oscar Loyola Hernández

2 de febrero de 2025

**TABLA DE CONTENIDO**

1	RESUMEN EJECUTIVO.....	5
2	INTRODUCCIÓN .....	6
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	8
4	OBJETIVOS .....	10
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	10
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
5	JUSTIFICACIÓN .....	10
6	MARCO REFERENCIAL.....	12
7	METODOLOGÍA .....	16
8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
9	CONCLUSIONES .....	33
10	RECOMENDACIONES.....	34
11	BIBLIOGRAFÍA .....	35
12	ANEXOS .....	42

**LISTADO DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Normatividad Cubana relacionada al medio ambiente, gestión de recursos y cambio climático.....	15
<b>Tabla 2.</b> Acuerdos internacionales inherentes al cambio climático.....	15
<b>Tabla 3.</b> Ecuaciones implementadas para la ejecución de los cálculos de biomasa, carbono retenido y CO2 removido.....	19
<b>Tabla 4.</b> Inventario florístico de arbóreas con familia, género y especie para el área de estudio (cinco puntos).....	23
<b>Tabla 5.</b> Kilogramos de Biomasa, carbono retenido y dióxido de carbono removido dentro del área de trabajo.....	27

**LISTADO DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación del jardín botánico de Camagüey .....	16
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de abundancia de cada una de las familias presentes en la zona de estudio .....	22
<b>Figura 3.</b> Representación gráfica de la abundancia de individuos según cada categoría	25
<b>Figura 4.</b> Representación gráfica del porcentaje de dióxido de carbono capturado para cada familia presente en la zona estudio .....	27
<b>Figura 5.</b> Gráfico representativo del Carbono retenido por cada familia de árboles presentes en la zona de estudio .....	30

## 1 RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio evaluó la capacidad de retención de carbono de un área de 0,614 hectáreas dentro del Bosque Temático del Jardín Botánico de Camagüey, en Cuba. A través de un inventario forestal detallado, se identificaron 228 individuos pertenecientes a 51 géneros y 23 familias botánicas. Utilizando modelos alométricos, se estimó que la biomasa total del área es de aproximadamente 365,35 toneladas, lo que equivale a un almacenamiento de carbono de 183,72 toneladas. Este valor indica la significativa contribución del bosque estudiado en la mitigación del cambio climático, al retirar de la atmósfera alrededor de 669,8 toneladas de dióxido de carbono. Los resultados del estudio revelan que las familias *Fabaceae*, *Arecaceae* y *Moraceae* son las principales contribuyentes a la captura de carbono en el área evaluada. Estos hallazgos resaltan la importancia de conservar y gestionar adecuadamente este tipo de ecosistemas forestales como sumideros de carbono.

## **2 INTRODUCCIÓN**

Los sectores de la energía, el uso de combustible fósil, y la deforestación son los actores principales en el cambio climático; la propuesta de estrategias o alternativas que estén dirigidas a la mitigación, reducción y compensación de las emisiones de gases de efecto invernadero son imprescindibles en la lucha contra el cambio climático (Clemente Arenas, 2021). Para ello, el primer paso es conocer los contenidos de carbono en los ecosistemas y la vegetación, que se encarga de retener el carbono atmosférico en su ciclo biológico.

Ahora bien, el carbono presente en la atmósfera es un tema primordial en cuestión del cambio climático; este es un gas que tiene la capacidad de retener el calor en la atmósfera y si bien existe un ciclo natural del mismo las actividades antrópicas han acelerado su concentración atmosférica (Agencia de Protección Ambiental de EE.UU, 2024). Una vez en exceso, el CO<sub>2</sub> actúa como una cobija, puesto que atrapa el calor del sol generando aumento en la temperatura promedio global. A consecuencia, se generan cambios en los patrones de lluvias, olas de calor intensas y extensas, sequías largas, aumento de la altura del nivel del mar por el derretimiento de los polos y eventos naturales extremos más recurrentes (Clemente Arenas, 2021).

De todos los ecosistemas, los bosques tanto templados como tropicales son los que se encargan de capturar y retener mayor cantidad de carbono que cualquier otro ecosistema terrestre. Así mismo, el suelo desarrolla un papel importante en el ciclo y almacenamiento de carbono en dichos ecosistemas (Benjamín Ordóñez & Masera, 2001), razón por la cual los bosques son de los principales sumideros de carbono.

Las plantas fijan CO<sub>2</sub> atmosférico, esto a través del almacenamiento en su biomasa (siendo aprovechado para el crecimiento y desarrollo de hojas, ramas, raíces y tronco) (Mayorca

Morales et al., 2018); el CO<sub>2</sub> es absorbido en la fotosíntesis; proceso donde el carbono se convierte en materia orgánica fijada (como parte de la estructura vegetal) y el oxígeno es liberado de nuevo a la atmósfera; posteriormente, una parte de dicha biomasa se descompone y de forma lenta se va incorporando en el suelo, en donde el carbono se almacena como carbono orgánico, y se conserva como un sumidero a largo plazo del CO<sub>2</sub>. Este proceso ayuda al enriquecimiento del suelo; mejora la fertilidad, y la estructura y por tanto a la capacidad de este para la retención de agua (Vargas Mena et al., 2004).

Así pues, al capturar y retener el CO<sub>2</sub> atmosférico se va reduciendo el efecto invernadero, atenuando las consecuencias del calentamiento global y contribuyendo a la mitigación del cambio climático. La retención de carbono por medio de la vegetación es una alternativa natural y efectiva para mitigar el cambio climático; Al cuidar, restaurar y conservar los bosques y suelos se está contribuyendo en la inversión de un futuro ambientalmente sostenible (Telles Antonio et al., 2019)

Por lo anterior, la cuantificación del carbono almacenado en los bosques es una herramienta fundamental para la comprensión del papel de estos en la regulación del cambio climático (Mayorca Morales et al., 2018), así como para desarrollar estrategias de conservación y/o manejo forestal.

### **3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El exceso de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y poca fijación en la biomasa y el suelo conlleva graves consecuencias para el planeta; una de ellas es el cambio climático, por el efecto invernadero provocado por el atrapamiento del calor del sol, y provocando el aumento de la temperatura global (Comisión Europea, 2023).

Cuba, como muchas otras naciones insulares, es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático. Los cambios en los patrones del clima, caracterizados por sequías prolongadas, lluvias torrenciales e intensas olas de calor, están teniendo un impacto significativo en la agricultura cubana. La disminución de las precipitaciones, el aumento de la salinidad de los suelos costeros y los eventos climáticos extremos como huracanes, están poniendo en riesgo la producción de alimentos y por ende la seguridad alimentaria de la población (PNUD, 2023).

Además, el CO<sub>2</sub> tiene un gran impacto sobre diversos ecosistemas; en los océanos al ser absorbido cambia la química, y con ello dificulta la formación de las conchas y los esqueletos de organismos compuestos de carbonato de calcio, entre los cuales se encuentran los corales (genera blanqueamiento del coral debido a la acidez), moluscos y crustáceos (Harrould Kolieb & Savitz, 2009). Así mismo, en ecosistemas dulceacuícolas y marinos se genera una disminución del oxígeno disuelto debido al aumento de la temperatura del agua, reduciendo la capacidad para retener el O<sub>2</sub> y acelerando procesos como la eutrofización (Cochrane et al., 2012).

Por otra parte, ecosistemas de alta montaña genera el deshielo acelerado, además de la pérdida de hábitat por los cambios en la vegetación poniendo en peligro la supervivencia de las especies (Solorza Bejarano & González Pinto, 2018).

Según la Agencia Internacional de Energía (AIE) en el 2021 se emitieron alrededor de 36300 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (EIA, 2022) relacionadas con la energía y para el año 2023 dicha cifra aumentó a 36800 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>; en general, los mayores emisores son los países industrializados, siendo China y Estados Unidos los mayores contribuyentes, seguidos de Rusia, Japón e India (EIA, 2024). Por su parte, en América Latina y el Caribe son responsables de menos del 10% del CO<sub>2</sub>, siendo Brasil y México los mayores emisores; seguidos por Argentina, Venezuela, Chile, Perú, Colombia y Ecuador (OECD, 2023).

En comparación con países desarrollados, las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en Cuba son relativamente bajas. Sin embargo, el sector energético es el principal emisor de CO<sub>2</sub> en Cuba, la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles, principalmente petróleo, contribuye significativamente a las emisiones totales (EIA, 2022).

Así pues, la implementación de estrategias favorecedoras en la captura de CO<sub>2</sub> en ecosistemas terrestres es primordial, sin embargo, el desconocimiento de la capacidad de retención del carbono genera subestimación en la importancia contra el cambio climático. Además, sin información precisa respecto a la cantidad de carbono almacenado se hace difícil la implementación de prácticas de manejo forestal sostenible.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la cantidad de carbono retenido por un área de bosque temático del jardín botánico de Camagüey, Cuba.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las especies vegetales presentes en el jardín botánico de Camagüey, así como su abundancia.
- Estimar la cantidad de biomasa y de carbono almacenado por la vegetación en la zona de estudio.

## 5 JUSTIFICACIÓN

Los bosques son primordiales en la retención de carbono atmosférico, al secuestrarlo y hacerlo parte de su biomasa en el proceso de fotosíntesis, almacenándolo en troco, ramas y hojas (Mayorca Morales et al., 2018); así como en el suelo a través del material vegetal muerto como la hojarasca y la materia orgánica; y por tanto son considerados grandes sumideros de carbono.

Cuba es considerada una isla debido a la ubicación geográfica aislada en el mar caribe. Es un país rico en biodiversidad, que alberga gran variedad de ecosistemas forestales que desempeñan un papel importante en la regulación del clima. Los bosques cubanos se caracterizan por su endemidad, por lo que muchas de las especies que los habitan no se encuentran en otras partes del mundo. Dichos bosques actúan como grandes sumideros al capturar elevadas

cantidades de dióxido de carbono y mitigando por tanto los efectos del cambio climático (Santos Abreu et al., 2018).

La medición de retención de carbono en los bosques del país es una herramienta que ayuda a comprender y gestionar de forma eficiente y sostenible los ecosistemas. Los datos respecto a la retención de carbono permiten identificar la reducción de las concentraciones de gases efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, siendo crucial en la lucha contra el cambio climático (Benjamín Ordóñez & Masera, 2001). Además, el hecho de conocer la cantidad de carbono almacenado permite priorizar áreas específicas para la conservación, o para el diseño de planes de manejo forestal sostenible, así como la evaluación del impacto ambiental por diferentes prácticas forestales.

Al conocer y realizar a menudo el análisis de la retención de carbono se pueden detectar los cambios en la capacidad del bosque para almacenar carbono a través del tiempo, permitiendo evaluar los impactos del cambio climático (ayudando entonces a ajustar las estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático) (Vargas Mena et al., 2004)

Por último, los bosques que almacenan grandes cantidades de carbono, como los que se encuentran en Cuba, pueden generar créditos o bonos de carbono, que pueden ser vendidos en los mercados de carbono, y los ingresos pueden ser utilizados como financiación en actividades de conservación en la isla (Casanova Lugo et al., 2010), restauración y/o desarrollo sostenible.

## **6 MARCO REFERENCIAL**

Los gases de efecto invernadero (GEI) tienen la capacidad de retener el calor proveniente del sol, sobre la atmósfera de la tierra; esto provoca un aumento de la temperatura a nivel global. Los principales gases de efecto invernadero son el metano ( $\text{CH}_4$ ), el Óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) (Frómata Cobas et al., 2023). Este último, es el gas de efecto invernadero con mayor efecto de calentamiento global; y se genera en consecuencia del uso de combustibles fósiles como el gas, la gasolina, el petróleo, el diésel, querosén, el carbón y el gas natural; así como en la deforestación de los ecosistemas (Fernandez et al., 2019)

Los ecosistemas poseen la capacidad de retirar el  $\text{CO}_2$  atmosférico y fijarlo a través de los procesos metabólicos relacionados a la fotosíntesis, entre estos se encuentran los bosques, los manglares, las turberas, las praderas marinas y las algas (Mena Mosquera & Andrade C, 2021). Los ecosistemas de bosque juegan un papel fundamental para la reducción del  $\text{CO}_2$ , pues son los mayores fijadores y retenedores del carbono en ecosistemas terrestres; Por ello se considera que tienen la capacidad de mitigar los efectos de los GEI y son llamados sumideros (Benjamín Ordóñez & Masera, 2001)

Como se mencionó anteriormente, la retención de carbono se da mediante la absorción del dióxido de carbono en la fotosíntesis, donde el carbono queda incorporado a la biomasa del árbol en hojas, raíces, tronco y ramas; y el oxígeno es liberado nuevamente a la atmósfera (López Toache et al., 2015). Cuando las hojas caen se considera una pérdida de biomasa y por ende del carbono capturado; sin embargo, la hojarasca hace parte de los mecanismos de captura de carbono, pues posteriormente hace parte de la materia orgánica almacenada en el suelo (Manchabajoy Cañar et al., 2022).

La degradación de la hojarasca es fundamental en el proceso del ciclo del carbono, e influye en la proporción de carbono que se retiene en el suelo (Hernández et al., 2014). El proceso de putrefacción se da gracias a los procesos metabólicos de los microorganismos presentes en el suelo (como las bacterias y los hongos principalmente), pues utilizan la biomasa como fuente de energía (Universidad Complutense de Madrid, n.d.). Durante la degradación de la materia orgánica una parte del carbono se convierte en hummus, mismo que posteriormente se va acumulando en el suelo. Por ello el hummus es un reservorio a largo plazo del carbono, pues se va descomponiendo de forma lenta a través del tiempo (Hernández et al., 2014)

Ahora bien, la fijación del carbono como parte de la biomasa y en el suelo en actividades forestales es de importancia para el cumplimiento de los compromisos nacionales en cuanto a la reducción de los gases de efecto invernadero (Miranda et al., 2007), por ello, también los sistemas de agroforestería son considerados importantes para la retención del carbono en países en vía de desarrollo, como Cuba (Soledad Duval & Cámara Artigas, 2021).

Por su parte, la fijación de carbono por medio de las plantas varía significativamente de especie a especie, y depende por tanto de factores como el tamaño, la edad, el tipo de tejido y del ecosistema en el cual están presentes (Telles Antonio et al., 2019). Especies de árboles como las secuoyas, el roble o el castaño poseen la capacidad de retener grandes cantidades de carbono en su estructura debido a su ciclo de vida largo y la cantidad de biomasa que poseen (FAO, 2002).

Como consecuencia del cambio climático en los últimos años, se ha generado un aumento en la temperatura general del planeta; y por ello, es considerado una de las problemáticas ambientales más significativas en el último siglo. (Frómata Cobas et al., 2023). Desde hace algunos años, algunos países industrializados han venido desarrollando estrategias para reducir el

volumen de CO<sub>2</sub> atmosférico a fin de combatir el cambio climático y el calentamiento global; con esto se previenen, por ejemplo, el aumento del volumen del nivel del mar, el cambio en los patrones de precipitación, los tiempos sequías o las inundaciones (López Toache et al., 2015). Y es aquí donde los bonos de carbono cobran importancia.

Dichos bonos empezaron a surgir a finales del siglo XX, cuando se empezaron a buscar mecanismos que redujeran las emisiones de CO<sub>2</sub>. Uno de tales mecanismos fue el protocolo de Kioto, este siendo el primer acuerdo que estableció objetivos de carácter internacional para la reducción de emisiones en países industrializados (Camps Arbestain & Pinto, 2004).

Así pues, el mercado del carbono consiste en la reducción de emisiones de GEI asignando un valor monetario a una tonelada de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera, con lo cual se crea un incentivo para que los entes gubernamentales, empresas y demás reduzcan las emisiones generadas (Sequeiros Abarca & Cazorla Galdos, 2020).

Así mismo, el precio de dichos bonos varía, y se fundamenta en la demanda y la oferta dentro del mercado, generando atractivo para invertir en tecnologías de producción cada vez más eficientes y ambientalmente más limpias (Sequeiros Abarca & Cazorla Galdos, 2020). Los bonos de carbono son certificados brindados que dan validez a la compensación por una tonelada de dióxido de carbono, con lo cual se demuestra la reducción del CO<sub>2</sub> de la atmósfera a través de la retención del carbono en la biomasa vegetal (Lobos et al., 2005).

En cuanto a normatividad, en Cuba la entidad encargada de las temáticas ambientales es el Ministerio de ciencia, tecnología y medio ambiente (CITMA). Sin embargo, el país se encuentra aún en el proceso de desarrollo de políticas sobre temáticas ambientales más específicas. Además, en el país no se cuenta con la implementación de mercado de carbono. A

continuación, se presentan algunas de las normas inherentes a la temática tratada en el presente proyecto:

**Tabla 1.** *Normatividad Cubana relacionada al medio ambiente, gestión de recursos y cambio climático*

<b>Ley de medio ambiente de 1977</b>	Establece los principios generales de la política medioambiental cubana, además, define tanto los derechos como los deberes de los ciudadanos con relación al medio ambiente. La ley promueve el uso de energías renovables, la eficiencia energética y el uso sostenible de los recursos naturales (CITMA, 1977)
<b>Estrategia Nacional de enfrentamiento al cambio climático (2017)</b>	Esta establece los fundamentos guías de las acciones para hacer frente al cambio climático. Busca reducir la vulnerabilidad del país ante los impactos del cambio climático y promueve el desarrollo bajo en carbono. Además, promueve acciones para reducir las emisiones de los GEI, fomenta el uso de energías renovables y la protección de los ecosistemas (CITMA, 2017)

Ahora bien, existen acuerdos y regulaciones internacionales (ver tabla 2) que son inherentes para la adaptación al cambio climático y que por ende están relacionadas a la captura y retención de carbono.

**Tabla 2.** *Acuerdos internacionales inherentes al cambio climático*

<b>Acuerdo de París</b>	Con este se establecen objetivos globales para la reducción de las emisiones y la adaptación al cambio climático. (Naciones Unidas, 2015a)
<b>Agenda 2030</b>	La adopción de esta para el desarrollo sostenible incluye el compromiso de los Objetivos de desarrollo, dentro de los cuales se resaltan acción por el clima, producción y consumo responsable, vida de ecosistemas terrestres. (Naciones Unidas, 2015b)

## 7 METODOLOGÍA

El jardín Botánico de Camagüey (ver figura 1) se ubica en las coordenadas  $21^{\circ}45'59''\text{N}$ ,  $77^{\circ}54'30''\text{O}$ ; cuenta con un total de 72 hectáreas, donde se promueve la conservación de especies exóticas amenazadas a través de la cultura y la educación ambiental (Fuentes Pérez, 2024). La temperatura en la ciudad de Camagüey fluctúa entre los 19 a los 33 Celsius. La temperatura máxima promedio es de 32 C. En cuanto a precipitación, los meses con mayores milímetros de lluvia (que son de al menos 1 milímetro) son de mayo a octubre, siendo septiembre el mes con mayores lluvias. La temporada más seca va desde octubre hasta mayo, siendo diciembre el mes con menores lluvias. La precipitación media anual es de 1273 mm de lluvia aproximadamente (Weather Spark, 2024).

**Figura 1.** Mapa de ubicación del jardín botánico de Camagüey



**Fuente:** Cartografía de Google Earth. Elaboración propia

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

El jardín botánico cuenta con área de vivero, donde se lleva a cabo el cultivo y estudio de las diversas plantas presentes en el jardín como el Guáimaro, la Palma Real, el Mamoncillo y la Teca, entre otros. Allí se propagan las plantas en invernadero. Además, el jardín también cuenta con laboratorios que se dedican a la investigación de la flora, el análisis y estudio del ecosistema. El jardín cuenta también con senderos que ayudan a delimitar las diversas áreas, así como señalizaciones que permiten explorar los diferentes temarios.

Durante el trabajo de campo para el presente caso se tomó como zona de estudio el área denominada 5 puntos (ver figura 1), en la cual se encuentran diversas especies arbóreas maderables y frutales. Haciendo uso de la app\_UTM Geo Map (app GIS de bolsillo) se tomó el perímetro cuyo valor es de 437,63 m y el área de 6140,68 m<sup>2</sup>, es decir que se tuvo un área de estudio de aproximadamente 0,614 Hectáreas, lo cual representa aproximadamente el 0,9 % del área total del jardín.

En las visitas al jardín se hizo un censo árbol por árbol identificando la especie de cada uno; para ello se hizo uso de referencias bibliográficas y el conocimiento del docente tutor externo. Además, se puso una chapa con un número de identificación al tronco de cada individuo (elaborada artesanalmente en un trozo de aluminio procedente de latas de refresco), dicho número fue secuencial por lo cual cada individuo tiene un número único.

Durante el censo de cada árbol se tomaron las siguientes medidas:

1. Circunferencia: Con la ayuda de un decámetro se tomó la medida de la circunferencia del tronco de cada individuo a una altura de 1,3 metros del nivel del suelo. Se tomó la medida a esta altura puesto que se ha establecido como un estándar internacional;

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

además, la base del árbol puede tener irregularidades debido a las raíces expuestas o a las deformaciones (Izco Cabezón, n.d.).

2. Altura: para determinar la altura del tallo se hizo uso de la aplicación móvil “Trees”, que permite (con ayuda de la realidad aumentada) realizar las mediciones utilizando la cámara del teléfono móvil. Con esta app, se estima la distancia entre el árbol y la persona, mide el ángulo hasta la copa del árbol y a través de los principios de trigonometría la aplicación automáticamente calcula la altura aproximada del árbol (Funciona como un inclinómetro digital).

Finalmente, se tuvieron en cuenta las herbáceas presentes en el área de estudio. Para determinar la disponibilidad de hierbas se realizaron marcos de referencia de 50 cm por 50 cm (es decir de 0,25 m<sup>2</sup>), considerando cinco distintos niveles de crecimiento del pasto, el nivel 1 correspondiendo a cuando las herbáceas se encuentra al ras del suelo y el nivel 5 a cuando el crecimiento de este está al máximo. Los pastos se cortaron y pesaron en fresco, posteriormente se dejaron secar (hasta que el peso fuese constante) para determinar la biomasa en seco. Para el caso, no se tuvieron en cuenta las raíces puesto que no se contaba con referencias al respecto.

Se realizaron 50 observaciones para el área de estudio haciendo uso del marco de referencia y anotando la frecuencia para cada nivel.

Una vez culminado el trabajo de campo se procedió con el trabajo digital, el cual consistió en la ejecución de las ecuaciones relacionadas en la tabla 3.

A continuación, se muestran las fórmulas utilizadas para la determinación del carbono retenido en la vegetación:

**Tabla 3.** Ecuaciones implementadas para la ejecución de los cálculos de biomasa, carbono retenido y CO2 removido.

Fórmula	Explicación	Número
$C = \pi * D$ Despejando $D = \frac{C}{\pi}$	<p>C= Circunferencia  <b>D= diámetro</b></p> <p>Para hallar el diámetro se hace uso del valor de la circunferencia tomada a 1,3 metros sobre el nivel del suelo.</p>	Ecuación 1
$V_t = \frac{\pi}{4} * D^2 * h * f$	<p><b>Vt= Volumen del tronco</b>  D= diámetro  h= altura de tronco  f=Coeficiente mórfico</p> <p>Para ejecutar la ecuación, a través bibliografía se determinó el coeficiente mórfico, mismo que para el caso se tomó como 0,39 en todos los individuos, siguiendo la metodología utilizada por Romero Miranda et al., (2022)</p>	Ecuación 2
$B_f = V_t * d_m$	<p><b>Bf= Biomasa foliar</b>  V<sub>t</sub>= Volumen del tallo  d<sub>m</sub>= Densidad de la madera</p> <p>La biomasa foliar comprende solo las hojas, es decir el follaje. Para ejecutar la ecuación se hizo necesario conocer el valor de densidad de la madera, el cual se determinó a través de bibliografía para cada especie.</p>	Ecuación 3
$B_a = B_f * C_e$	<p>B<sub>a</sub>= <b>Biomasa aérea</b>  B<sub>f</sub>= Biomasa foliar  C<sub>e</sub>= coeficiente de expansión.</p> <p>La biomasa aérea comprende las partes del individuo sobre el nivel del suelo. Para el dato de coeficiente de expansión se tomó como 1,76 para todos los individuos siguiendo la metodología implementada por Romero Miranda et al., (2022)</p>	Ecuación 4
$B_r = B_a * 30\%$	<p><b>B<sub>r</sub>= biomasa de raíz</b>  B<sub>a</sub>=biomasa aérea</p> <p>Se tomó como estándar que la raíz es el 30% del total de la biomasa aérea en todos los individuos, siguiendo la metodología utilizada por Romero Miranda et al., (2022)</p>	Ecuación 5

$B_{\text{árbol}} = B_r + B_a$	<p><b>B</b> árbol= <b>biomasa total del árbol</b>  <math>B_r</math>= Biomasa de raíz  <math>B_a</math>= biomasa aérea</p>	<p>Ecuación 6</p>
$C = B_{\text{árbol}} * \%C$	<p><b>C=carbono retenido por el individuo</b>  <math>B_{\text{árbol}}</math>= biomasa total del árbol  <math>\%C</math>= porcentaje de carbono</p> <p>Para calcular el carbono retenido se toma como estándar que el porcentaje de carbono es del 50%, siguiendo la metodología implementada por Romero Miranda et al., (2022)</p>	<p>Ecuación 7</p>
$CO_{2rem} = C * 3.66$	<p><b>CO<sub>2rem</sub>= Dióxido de carbono atmosférico removido</b>  <math>C</math>=carbono retenido por el individuo</p> <p>Para el CO<sub>2</sub> removido se utiliza la constante 3,66 que surge al realizar la relación molar entre el carbono y el dióxido de carbono, es decir que un Kg de Carbono es equivalente a 3,66 Kg de CO<sub>2</sub> removido.</p>	<p>Ecuación 8</p>
$a_r = \left(\frac{n_i}{N}\right) * 100$	<p><b>a<sub>r</sub>: abundancia Relativa</b>  <math>n_i</math>= Número de individuos por especie  <math>N</math>= Número total de individuos</p> <p>Para evaluar la abundancia de individuos la ecuación se interpretó de la siguiente manera:</p> <p><b>Rara o poco abundante:</b> cuando la especie está presente menos del 5% del total de especies en el área  <b>Ocasional o poco numeroso:</b> cuando la especie se presenta entre el 6 y el 25% del total de especies en el área  <b>Frecuente o numerosa:</b> cuando la cobertura oscila entre el 26% y el 50%  <b>Abundante:</b> cuando la cobertura está entre el 51% y el 75%  <b>Dominante:</b> cuando la cobertura es mayor al 76%</p>	<p>Ecuación 9</p>
$D_p = \frac{F_n}{P_s}$	<p><b>D<sub>p</sub>= Disponibilidad del pasto</b>  <math>F_n</math>=Frecuencia nivel de desarrollo  <math>P_s</math>= Peso de biomasa en seco</p>	<p>Ecuación 10</p>

	La frecuencia corresponde a la cantidad de observaciones que se determinan para cada nivel de desarrollo de los pastos.	
$C_p = D_p * \%C$	<p><b>C<sub>p</sub>= carbono retenido en pastos</b>  <b>D<sub>p</sub>=Disponibilidad del pasto</b>  <b>%C= % Carbono en follaje.</b></p> <p>Para el carbono retenido en pastos se toma como estándar que el porcentaje de carbono es del 48%, siguiendo la metodología usada por Romero Miranda et al., (2022)</p>	Ecuación 11

**Fuente:** Elaboración propia, Ecuaciones 2 a 8 (Álvarez Góngora et al., 2020); Ecuación 9 (García González & Pérez Márquez, 2011); Ecuaciones 10 y 11 (Canseco et al., 2007).

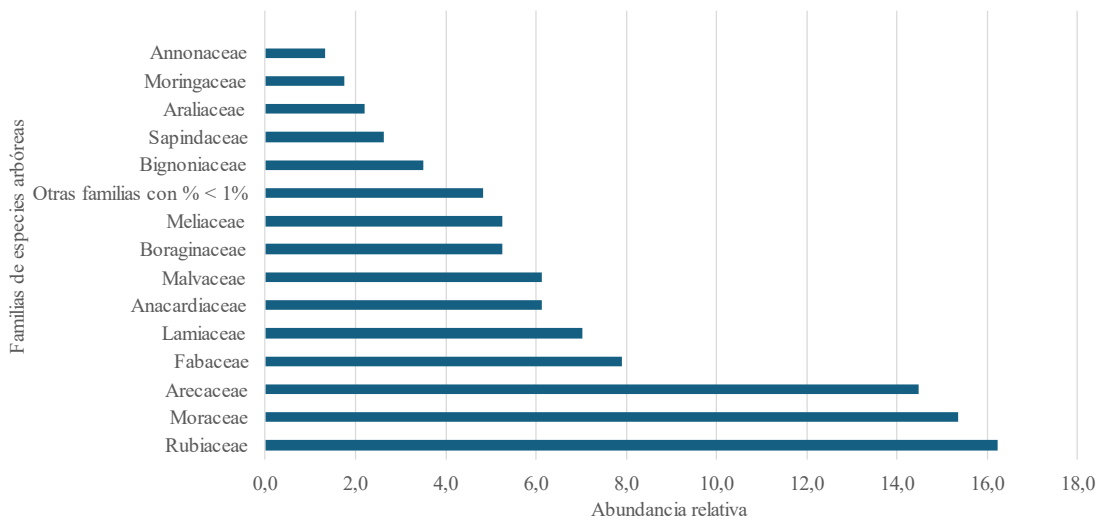
## 8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras realizar el trabajo de campo se logró establecer el inventario de árboles presentes en la zona de estudio, los datos obtenidos se han compilado en la tabla 4, donde se muestra además la abundancia relativa por especie. Con un total de 228 individuos, los resultados del inventario florístico revelan una considerable diversidad de especies arbóreas en la zona de estudio, teniendo 51 géneros agrupados en 23 familias.

Los resultados resaltan la preeminencia de la familia *Rubiaceae*, representada exclusivamente por el café (*Coffea arabica*), con 37 individuos, representando el 16,23% de abundancia relativa. En segundo lugar, en cuestión de abundancia se encuentra la familia *Moraceae*, con 35 individuos, representando el 15,35% de abundancia relativa. Dentro de esta familia se destacan las especies de Guáimaro, Caucho y Ficus (ver figura 2, ver tabla 4). Y en tercer lugar en abundancia relativa se encuentra la familia *Arecaceae*, que representa alrededor del 14,5% de abundancia relativa, siendo las especies palma real y palma de navidad las más destacadas.

Estas familias representan más de un tercio del total de la abundancia relativa. Esto sugiere que las condiciones edáficas y climáticas de la zona favorecen su establecimiento y crecimiento.

**Figura 2.** Porcentaje de abundancia de cada una de las familias presentes en la zona de estudio



**Fuente:** Autor

El *Coffea arabica* es una especie de arbusto originario de Etiopía, África; y es la especie de café más cultivada en el mundo y la que se considera de mayor calidad (Asociación Nacional del Café, 2016). A pesar de ser una especie introducida, ha logrado establecerse como una especie numerosa, esto puede deberse a su fácil reproducción y desarrollo, además del interés económico resaltando la importancia del área para la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Por su parte, las familias con menor porcentaje de abundancia relativa (alrededor de 0,44% por familia), al contar con un único individuo son *Apocynaceae*, *Asparagaceae*, *Casuarinaceae*, *Cecropiaceae*, *Malpighiaceae*, *Rosaceae* y *Sterculiaceae*.

**Tabla 4.** Inventario florístico de arbóreas con familia, género y especie para el área de estudio (cinco puntos)

Familia	Género	Especie	Nombre común	Abundancia Absoluta	Abundancia Relativa	Interpretación
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Anacardium</i>	<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón	3	11,40%	Rara
	<i>Mangifera</i>	<i>Mangifera indica</i> L.	mango	11	12,28%	Rara
<i>Annonaceae</i>	<i>Annona</i>	<i>Annona cherimola</i>	Chirimoya	1	16,23%	Rara
		<i>Annona muricata</i> L.	guanábana	2	0,44%	Rara
<i>Apocynaceae</i>	<i>Plumeria</i>	<i>Plumeria pudica</i> Jacq.	velo de novia	1	0,44%	Rara
<i>Araliaceae</i>	<i>Polyscias</i>	<i>Polyscias guilfoylei</i> (W. Bull) L. H. Bailey	Aralia	5	0,44%	Rara
<i>Arecaceae</i>	<i>Roystonea</i>	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O. F. Cook	palma real	26	0,44%	Ocasional
	<i>Cocos</i>	<i>Cocos nucifera</i> L.	coco	1	0,44%	Rara
	<i>Caryota</i>	<i>Caryota mitis</i>	Palma cola de pez	1	0,44%	Rara
	<i>Adonidia</i>	<i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	palma de navidad, coquito	5	0,44%	Rara
<i>Asparagaceae</i>	<i>Dracaena</i>	<i>Dracaena fragans</i> (L.) Ker Gawl.	dracena	1	0,44%	Rara
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Jacaranda</i>	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	flamboyán azul	1	0,44%	Rara
	<i>Crescentia</i>	<i>Crescentia cujete</i> L.	guira	1	0,44%	Rara
	<i>Tabebuia</i>	<i>Tabebuia angustata</i> Britton	roble blanco	1	0,44%	Rara
	<i>Parmentiera</i>	<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth) Seem.	ají de cabaiguán	5	0,44%	Rara
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia</i>	<i>Cordia collococca</i> L.	ateje común, ateje rojo	4	0,44%	Rara
		<i>Cordia gerascanthus</i> L.	varía o baría	8	0,44%	Rara
<i>Byttneriaceae</i>	<i>Guazuma</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	guásima	2	0,44%	Rara
<i>Casuarinaceae</i>	<i>Casuarina</i>	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Pino australia	1	0,44%	Rara
<i>Cecropiaceae</i>	<i>Cecropia</i>	<i>Cecropia peltata</i> L.	yagruma	1	0,44%	Rara
<i>Fabaceae</i>	<i>Acacia</i>	<i>Acacia Cornigera</i>	árbol del cuero	1	0,44%	Rara
	<i>Delonix</i>	<i>Delonix regia</i>	Flamboyán rojo	1	0,44%	Rara
	<i>Leucaena</i>	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	leucaena, ipil-ipil	1	0,44%	Rara

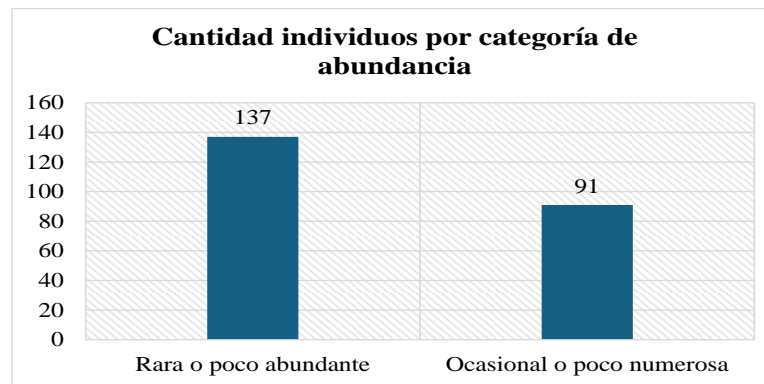
	<i>Caesalpinia</i>	<i>Caesalpinia pulcherrima (L.) Sw.</i>	Falso Flamboyán	2	0,88%	Rara
	<i>Peltophorum</i>	<i>Peltophorum pterocarpum (DC) Backer ex K. Heyne</i>	flamboyan amarillo	2	0,88%	Rara
	<i>Enterolobium</i>	<i>Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.</i>	oreja de judío	2	0,88%	Rara
	<i>Bauhinia</i>	<i>bauhinia picta</i>	Casco de Buey	3	0,88%	Rara
	<i>Albizzia</i>	<i>Albizzia procera (Roxb.) Benth.</i>	algarrobo de olor	5	0,88%	Rara
	<i>Caesalpinia</i>	<i>Caesalpinia cubensis Greenm. (C. violacea)</i>	yarúa	1	0,88%	Rara
<i>Lamiaceae</i>	<i>Gmelina</i>	<i>Gmelina arborea Roxb. ex Sm.</i>	gmelina	4	0,88%	Rara
	<i>Vitex</i>	<i>Vitex parviflora A. Juss.</i>	roble de filipinas	4	0,88%	Rara
	<i>Tectona</i>	<i>Tectona grandis L.</i>	teca	8	0,88%	Rara
<i>Malpighiaceae</i>	<i>Malpighia</i>	<i>Malpighia glabra L.</i>	Guinda, cereza	1	1,32%	Rara
<i>Malvaceae</i>	<i>Hibiscus</i>	<i>Hibiscus rosa - sinensis L</i>	mar pacífico	1	1,32%	Rara
	<i>Ochroma Sw</i>	<i>Ochroma pyramidale</i>	Lanero	2	1,32%	Rara
	<i>Talipariti</i>	<i>Talipariti tiliaceum (L.) Fryxell</i>	majagua	11	1,32%	Rara
<i>Meliaceae</i>	<i>Guarea</i>	<i>Guarea guidonia (L.) Sleumer</i>	yamagua	1	1,75%	Rara
	<i>Cedrela</i>	<i>Cedrela odorata L.</i>	cedro	2	1,75%	Rara
	<i>Melia</i>	<i>Melia azederach L.</i>	paraiso	2	1,75%	Rara
	<i>Meliaceae</i>	<i>Meliaceae Sp</i>	Melacea	3	1,75%	Rara
	<i>Swietenia</i>	<i>Swietenia sp.</i>	caoba	4	1,75%	Rara
<i>Moraceae</i>	<i>Brosimum</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>	Guáimaro	28	1,75%	Ocasional
	<i>Ficus</i>	<i>Ficus Sp.</i>	Ficus	3	2,19%	Rara
	<i>Castilla</i>	<i>Castilloa elastica Cerv.</i>	Caucho	4	2,19%	Rara
<i>Moringaceae</i>	<i>Moringa</i>	<i>Moringa oleifera Lam.</i>	Moringa o Paraiso francés	4	2,19%	Rara
<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus</i>	<i>Prunus persica (L.) Batsch</i>	melocotón, durazno	1	2,19%	Rara
<i>Rubiaceae</i>	<i>Coffea</i>	<i>Coffea arabica L.</i>	café	37	2,19%	Ocasional
<i>Sapindaceae</i>	<i>Cupania L.</i>	<i>Cupania Americana</i>	Guacharaco	1	3,51%	Rara
	<i>Melicoccus</i>	<i>Melicoccus bijugatus Jacq.</i>	Mamoncillo	5	3,51%	Rara
<i>Sapotaceae</i>	<i>Crhysophyllun</i>	<i>Crhysophyllun cainito L.</i>	caimito	2	4,82%	Rara
<i>Sterculiaceae</i>	<i>Hildegardia</i>	<i>Hildegardia cubensis (Urb.) Kosterm.</i>	guana	1	4,82%	Rara
			<b>Sumatoria</b>	<b>228</b>	<b>100,00%</b>	

**Fuente:** Autor.

El rango de abundancia de las especies, desde "raras" a poco abundantes hasta "ocasionales" o poco numerosas (ver figura 3), indica una heterogeneidad en la distribución de

los recursos y la presencia de disturbios históricos relacionados a actividades antropogénicas que han modificado el área a su conveniencia, para la mejora del paisaje o el aprovechamiento de los recursos presentes. En esta última categoría, de ocasional o poco numerosa se encuentran el café (*Coffea arabica L.*) con 37 individuos, el Guáimaro (*Brosimum alicastrum*) con 28 individuos, y la palma real (*Roystonea regia (Kunth) O. F. Cook*) con 26 individuos (ver tabla 4).

**Figura 3.** Representación gráfica de la abundancia de individuos según cada categoría



**Fuente:** Autor

Una vez realizados los cálculos de las ecuaciones (ver anexo 1: Datos trabajo área 5 puntos, Hoja: “C-ÁRBOLES”), se determinó que los individuos que destacan por su alta capacidad de almacenamiento de carbono (ver tabla 5 y figura 4), resaltando su importancia para la mitigación del cambio climático son los pertenecientes a las especies de:

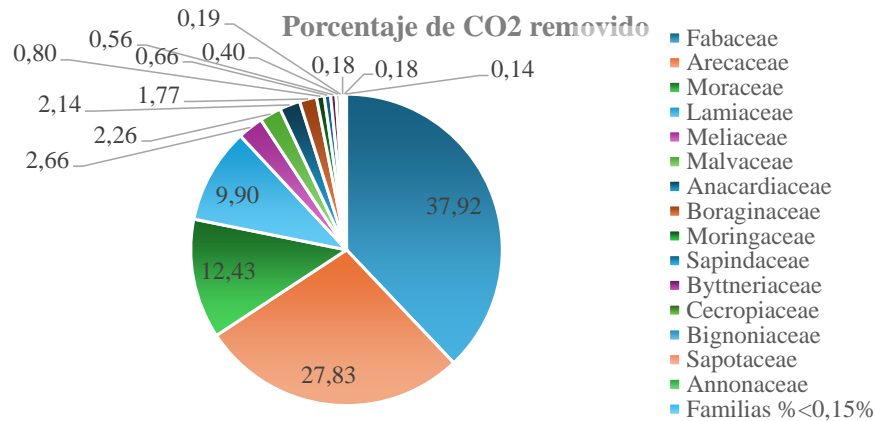
1. **Palma real (*Roystonea regia (Kunth) O. F. Cook*):** es una palma que puede alcanzar alturas impresionantes, llegando a medir hasta 35 metros. Es originaria de las regiones tropicales de América, incluyendo Cuba, donde es considerada el árbol nacional. También se encuentra en otros países como México, Honduras, Belice y Florida (EE. UU.). Al alcanzar grandes alturas y desarrollar troncos gruesos, la palma real almacena

grandes cantidades de carbono en su biomasa, además, estas palmas pueden vivir cientos de años, por lo que el carbono capturado queda almacenado durante mucho tiempo (Moya López, 2020).

2. **Algarrobo de olor (*Albizzia procera* (Roxb.) Benth.):** es una especie arbórea de rápido crecimiento que se destaca por su porte y su capacidad para adaptarse a diversas condiciones ambientales. Es originario del sudeste asiático y la India, este ha sido introducido en muchas regiones tropicales y subtropicales debido a su madera de alta calidad y su rápido crecimiento. *Albizzia procera* acumula una gran cantidad de biomasa en su tronco, ramas y raíces, lo que se traduce en un alto potencial de retención de carbono (Falcón Méndez et al., 2018).
3. **Oreja de judío (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.):** es un árbol de gran tamaño y longevidad. Es originario de las regiones tropicales de América, desde México hasta Argentina, y se encuentra comúnmente en sabanas, bosques secos y zonas costeras. Aunque es un árbol común en muchas regiones tropicales de América, incluyendo el Caribe, su distribución natural no incluye la isla de Cuba. Es posible que haya sido introducido en Cuba en algún momento de la historia, ya sea para fines ornamentales, madereros o de reforestación (Hernández Hernández et al., 2019).

Los resultados muestran que estos árboles, al ser las especies de mayor porte y densidad de madera, además de poseer una alta longevidad, juegan un papel crucial en el secuestro de carbono a largo plazo. Por su parte, aunque la contribución de las herbáceas al almacenamiento de carbono es menor en comparación con los árboles, su papel en la dinámica del ecosistema y el ciclo biogeoquímico del carbono es igualmente importante.

**Figura 4.** Representación gráfica del porcentaje de dióxido de carbono removido para cada familia presente en la zona estudio



**Fuente:** Autor

Por su parte, se visualiza que, aunque el café es una de las especies más abundantes al abarcar el 16,23% (ver tabla 4, ver figura 2) es de las que menor cantidad de biomasa poseen en su estructura por individuo y que, por tanto, retienen menor cantidad de carbono en comparación a especies cuyo valor de biomasa por individuo es mayor como en el caso de la Oreja de judío (*Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.*), para el cual el valor de biomasa es de los más altos (ver tabla 5).

En la tabla 5 se muestran los resultados del cálculo del carbono retenido por especie, así como su valor de biomasa y el dióxido de carbono que se remueve:

**Tabla 5.** Kilogramos de Biomasa, carbono retenido y dióxido de carbono removido dentro del área de trabajo.

Especie	Peso Biomasa (Kg)	Peso Carbono retenido (Kg)	Peso CO <sub>2</sub> Removido (Kg)	Porcentaje Carbono retenido (%)
---------	-------------------	----------------------------	------------------------------------	---------------------------------

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

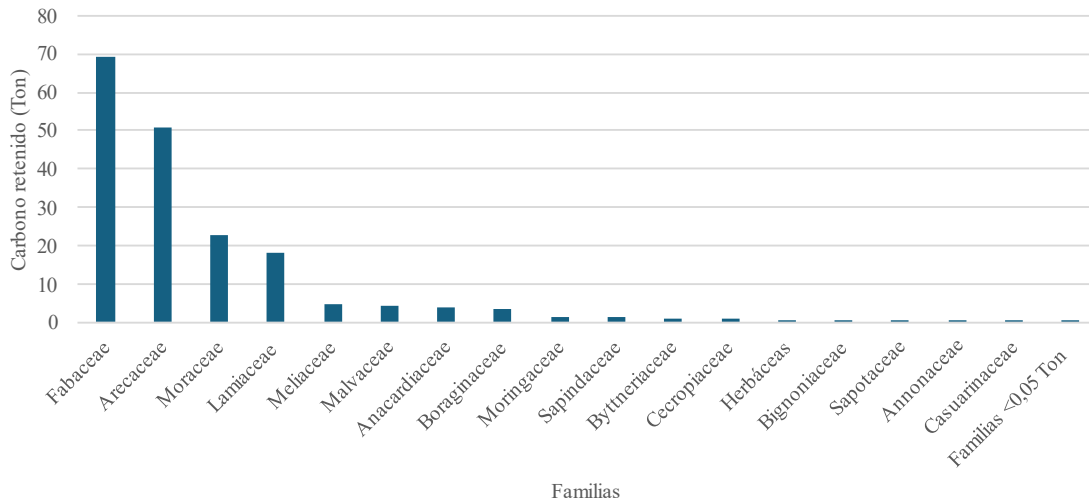
<i>Parmentiera aculeata (Kunth) Seem.</i>	8834,86	4417,45	16167,87	2,404
<i>Albizia procera (Roxb.) Benth.</i>	1907,62	953,83	3491,02	0,519
<i>Polyscias guilfoylei (W. Bull) L. H. Bailey</i>	31819,77	15909,9	58230,23	8,660
<i>Acacia Cornigera</i>	20,41	10,21	37,37	0,006
<i>Cordia collococca L.</i>	23140,78	11570,39	42347,62	6,298
<i>Coffea arabica L.</i>	80965,81	40482,99	148167,76	22,035
<i>Crhysophyllun cainito L.</i>	1067,94	533,98	1954,37	0,291
<i>Swietenia sp.</i>	2907,89	1453,95	5321,46	0,791
<i>bauhinia picta</i>	4060,88	2030,45	7431,44	1,105
<i>Castilloa elastica Cerv.</i>	2617,15	1308,58	4789,4	0,712
<i>Cedrela odorata L.</i>	9017,15	4508,58	16501,4	2,454
<i>Annona cherimola</i>	76,51	38,26	140,03	0,021
<i>Cocos nucifera L.</i>	60,68	30,34	111,04	0,017
<i>Dracaena fragans (L.) Ker Gawl.</i>	39,87	19,94	72,98	0,011
<i>Caesalpinia pulcherrima (L.) Sw.</i>	356,77	178,39	652,91	0,097
<i>Ficus Sp.</i>	5600,47	2800,24	10248,88	1,524
<i>Peltophorum pterocarpum (DC) Backer ex K. Heyne</i>	3011,02	1505,52	5510,2	0,819
<i>Jacaranda mimosifolia D. Don</i>	4,23	2,12	7,76	0,001
<i>Delonix regia</i>	3153,49	1576,75	5770,91	0,858
<i>Gmelina arborea Roxb. ex Sm.</i>	11834,8	5917,4	21657,68	3,221
<i>Cupania Americana</i>	958,52	479,26	1754,09	0,261
<i>Brosimum alicastrum</i>	21548,26	10774,19	39433,54	5,864
<i>Hildegardia cubensis (Urb.) Kosterm.</i>	2,86	1,43	5,23	0,001
<i>Annona muricata L.</i>	378,36	189,18	692,4	0,103
<i>Guazuma ulmifolia Lam.</i>	2673,12	1336,56	4891,81	0,727
<i>Malpighia glabra L.</i>	160,76	80,38	294,19	0,044
<i>Crescentia cujete L.</i>	150,68	75,34	275,74	0,041
<i>Ochroma pyramidale</i>	7130,95	3565,48	13049,66	1,941
<i>Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit</i>	273,91	136,96	501,27	0,075
<i>Talipariti tiliaceaum (L.) Fryxell</i>	7761,86	3880,96	14204,31	2,112
<i>Melicoccus bijugatus Jacq.</i>	4218,97	2109,5	7720,77	1,148
<i>Mangifera indica L.</i>	8279,11	4139,58	15150,86	2,253
<i>Hibiscus rosa - sinensis L</i>	4246,06	2123,03	7770,29	1,156
<i>Anacardium occidentale</i>	6897,76	3448,89	12622,94	1,877
<i>Meliaceae Sp</i>	2532,02	1266,02	4633,62	0,689
<i>Prunus persica (L.) Batsch</i>	893,93	446,97	1635,91	0,243
<i>Moringa oleifera Lam.</i>	216,66	108,34	396,52	0,059

<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	3,35	1,68	6,15	0,001
<i>Caryota mitis</i>	4284,11	2142,06	7839,94	1,166
<i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	839,81	419,92	1536,9	0,229
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O. F. Cook	13439,87	6720	24595,18	3,658
<i>Melia azederach</i> L.	8,62	4,32	15,81	0,002
<i>Casuarina equisetifolia</i>	4196,21	2098,11	7679,08	1,142
<i>Tabebuia angustata</i> Britton	2,9	1,45	5,31	0,001
<i>Vitex parviflora</i> A. Juss.	63082,08	31541,05	115440,25	17,168
<i>Tectona grandis</i> L.	2976,17	1488,1	5446,44	0,810
<i>Cordia gerascanthus</i> L.	16671,52	8335,77	30508,93	4,537
<i>Plumeria pudica</i> Jacq.	237,78	118,89	435,14	0,065
<i>Cecropia peltata</i> L.	119,12	59,56	217,99	0,032
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	0,85	0,43	1,57	0,000
<i>Caesalpinia cubensis</i> Greenm. (C. violacea)	2,25	1,13	4,14	0,001
Plantas Herbáceas	662,40	1380,03	2424,38	0,751
<b>Sumatoria</b>	<b>365348,93</b>	<b>183723,84</b>	<b>669802,694</b>	<b>100,000</b>

**Fuente:** Autor

Por medio de estos cálculos, se determinó que, en el total de área a la fecha en que se realizó el estudio hay un valor para biomasa de alrededor de 365,35 Ton, se retiene alrededor de 183,72 Toneladas de carbono y se removieron de la atmósfera 669,8 Toneladas de dióxido de carbono aproximadamente. En la figura 5 se evidencia que las familias con los mayores pesos de retención de carbono son la *Fabaceae* con 69,13 Ton, seguida por *Arecaceae* con 50,7 Ton y *Moraceae* con 22,6 ton Carbono retenido; así mismo, las familias ya mencionadas son las que remueven mayor porcentaje de CO<sub>2</sub> (ver figura 4).

**Figura 5.** Gráfico representativo del Carbono retenido por cada familia de árboles presentes en la zona de estudio



**Fuente:** Autor

El bosque del jardín botánico es un bosque secundario, es decir, un ecosistema que se ha regenerado después de sufrir una perturbación; ya sea natural por fenómenos como incendios o tormentas o como el caso, a causa de actividades humanas (por la tala o la agricultura) (Pucallpa, 2021). Según la FAO los bosques del mundo guardan una cantidad enorme de carbono en sus árboles y en el suelo, conteniendo un estimado de 340 Gigatoneladas de carbono. Cualquier cambio en estos almacenes como la tala, puede liberar grandes cantidades de carbono a la atmósfera y contribuir al cambio climático (Kanninen, 2003)

Para este estudio, la captura de carbono por cada hectárea en la zona de trabajo sería de:

$$C \text{ por hectárea} = \frac{183,72 \text{ Ton C}}{0,614 \text{ Ha}} = 299,22 \frac{\text{Ton C}}{\text{Ha}}$$

El estudio realizado por López et al., (2018) reveló a través de un modelo de regresión que las plantaciones de teca (*Tectona grandis L.*) en Chahal, Alta Verapaz, Guatemala, son capaces de retener un total de carbono de 556,08 Ton/Ha. Al comparar los resultados con el área estudiada en el jardín botánico se encuentra que retiene 46,2% menos, como se demuestra a continuación:

$$\text{Porcentaje de retención } C = \frac{299,22 \frac{\text{Ton } C}{\text{Ha}}}{556,08 \frac{\text{Ton } C}{\text{Ha}}} * 100 = \mathbf{53,8\%}$$

Sin embargo, en comparación con el arbolado urbano del centro de Guantánamo, Cuba, según el estudio realizado por Rodríguez Matos et al., (2018), en el cual se determinó que las especies dominantes son la *Tabebuia angustata*, *Aleuritis moluccana* y *Mangifera indica*, retienen aproximadamente 126,5 ton Carbono por hectárea; se encuentra que el área estudiada en el jardín botánico retiene el 57,7% más de carbono por hectárea.

$$\text{Porcentaje de retención } C = \frac{126,5 \frac{\text{Ton } C}{\text{Ha}}}{299,22 \frac{\text{Ton } C}{\text{Ha}}} * 100 = \mathbf{42,3\%}$$

Finalmente, la FAO sugiere que el carbono que se encuentra en sumideros superficiales varía entre 25 y 190 ton C/Ha en bosques secundarios (Kanninen, 2003). Al comparar el resultado del estudio, con el rango mayor sugerido por la FAO se encuentra que la zona estudio cuenta con una tasa de retención mayor, misma que es del 36,5% aproximadamente.

$$\text{Porcentaje de retención } C = \frac{190 \frac{\text{Ton } C}{\text{Ha}}}{299,22 \frac{\text{Ton } C}{\text{Ha}}} * 100 = \mathbf{63,5\%}$$

Con estos resultados, se puede decir que el área de bosque estudiada en el Jardín Botánico destaca por su capacidad como sumidero de carbono. Ahora bien, al traslapar la información del área de estudio a tonelada de CO<sub>2</sub> por hectárea se encuentra el valor de:

$$CO_2 \text{ por hectárea} = \frac{669,8 \text{ Ton } CO_2}{0,614 \text{ Ha}} = \mathbf{1090,88 \frac{\text{Ton } CO_2}{\text{Ha}}}$$

Su tasa de absorción de CO<sub>2</sub> por hectárea es significativamente superior a las reportadas en otros estudios previamente realizados en el país, por ejemplo el desarrollado en las plantaciones forestales de Cienfuegos predominadas por *pinus caribaea* y *Eucaliptus Sp.*, de Pérez Ruiz & Bonilla Vichot, (2014), donde por métodos alométricos encontraron que cada hectárea de plantación forestal es capaz de absorber 409 Toneladas de CO<sub>2</sub>.

Al comparar dicha información con el estudio mencionado se encuentra que:

$$\text{Porcentaje de retención } CO_2 = \frac{409 \frac{\text{Ton } CO_2}{\text{Ha}}}{1090,88 \frac{\text{Ton } CO_2}{\text{Ha}}} * 100 = \mathbf{37,5\%}$$

Es decir que, el bosque estudiado en el jardín es capaz de retener más cantidad del gas por hectárea que la del estudio mencionado, con el 62,5%.

El cálculo del carbono almacenado y el CO<sub>2</sub> removido proporcionó una estimación del carbono en el ecosistema. Como se mencionó anteriormente, el dióxido de carbono se ha

removido de la atmósfera por la vegetación del área de trabajo es de aproximadamente 669,8 Toneladas. Según el Centro interamericano de administraciones tributarias (CIAT) en el 2023 para Colombia se estableció una tarifa de 4,53 USD por tonelada de CO<sub>2</sub> (Dumoulin, 2023), con lo cual el área de estudio recaudaría alrededor de 3034 USD por servicio ecosistémico como sumidero de carbono; este valor puede ser utilizado como punto de referencia para la participación en los mercados del carbono en Cuba. Además, teniendo en cuenta dicha cifra de carbono, se demuestra la importancia económica y ambiental del bosque, siendo fundamental como sumidero de carbono en el jardín Botánico de la ciudad de Camagüey.

## 9 CONCLUSIONES

- i. Tras el estudio, se puede considerar al jardín botánico como un pulmón verde dentro de la ciudad. Al establecerse el inventario se identificó la diversidad de 23 familias presentes, 51 géneros y un total de 228 individuos, siendo las especies de *Coffea arabica*, *Brosimum alicastrum* y *Roystonea regia* (Kunth) *O. F. Cook* las más abundantes, favoreciendo la captura y la retención de carbono en el área, que a su vez brinda otros servicios ecosistémicos como la regulación del microclima en el jardín, la regulación hídrica, la conservación de especies epífitas, la conservación de la fauna y la recreación del público visitante.
- ii. Los resultados obtenidos corroboran la importancia de conservar y restaurar el ecosistema dentro del jardín botánico; al cuantificar la capacidad de retención

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

de carbono se ha demostrado el valor del bosque como sumidero de carbono, mismo que es crucial en la mitigación del cambio climático pues se demostró que con un total de biomasa de 365,35 Ton, se retienen 183,72 Ton de carbono y se han removido de la atmósfera 669,8 Ton CO<sub>2</sub>. Además, se encontró que especies nativas y de gran retención de carbono como la palma real pueden ser implementadas para futuros proyectos de restauración ambiental dentro de las áreas más degradadas del jardín, con el fin de recuperar su función ecológica.

## **10 RECOMENDACIONES**

Primeramente, se recomienda promover e impulsar las iniciativas investigativas dentro del jardín con el fin de determinar el total de carbono retenido en el 100% del jardín, con esto se conocerán cifras más aproximadas de economía que puede ser captada para invertir en proyectos de conservación y restauración dentro del mismo jardín, así como la mejora de infraestructura, la adquisición de nuevos equipos y herramientas de trabajo y la mejora de las zonas comunes.

Así mismo, se recomienda monitorear periódicamente las especies estudiadas con el fin de determinar las variaciones en la capacidad de retención de carbono, esto se puede lograr a través de la facultad de ciencias agropecuarias de la universidad de Camagüey, con lo cual se fomentará la colaboración entre las instituciones y la comunidad estudiantil.

Finalmente, se recomienda priorizar la restauración ambiental sobre la reforestación, esto con el fin de dar recuperación a la estructura natural y la funcionalidad del ecosistema como unidad. La restauración con especies nativas de alto valor de biomasa como el Guáimaro y la

Palma real puede contribuir a la recuperación de la función ecosistémica y al secuestro de carbono.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (2024). *Emisiones de dióxido de carbono.*

[https://Espanol.Epa.Gov/La-Energia-y-El-Medioambiente/Emisiones-de-Dioxido-de-Carbono.](https://Espanol.Epa.Gov/La-Energia-y-El-Medioambiente/Emisiones-de-Dioxido-de-Carbono)

Álvarez Góngora, Y., Álvarez Brito, A., & Mercadet Portillo, A. (2020). *Vista de Retención actual y línea base de carbono por el patrimonio de la Empresa Agroforestal Granma.*

<https://forestbaracoa.edicionescervantes.com/index.php/fb/article/view/307/257>

Asociación Nacional del Café. (2016). *Guía de variedades de café | Guatemala.*

<https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>

Benjamín Ordóñez, J. A., & Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático.

*Madera y Bosques*, 7(1), 3–12.

Camps Arbestain, & Pinto, M. (2004). *LOS SUMIDEROS DE CARBONO EN EL MARCO DEL PROTOCOLO DE KIOTO*. 11(1), 27–36.

Canseco, C., Demanet, R., Balocchi, O., & Parga, J. (2007). (PDF) *Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo.*

[https://www.researchgate.net/publication/281041644\\_Determinacion\\_de\\_la\\_disponibilidad\\_de\\_materia\\_seca\\_de\\_praderas\\_en\\_pastoreo](https://www.researchgate.net/publication/281041644_Determinacion_de_la_disponibilidad_de_materia_seca_de_praderas_en_pastoreo)

Casanova Lugo, F., Petit Aldana, J., & Solorio Sánchez, J. (2010). *Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano.*

CITMA. (1977). *Ley de medio ambiente.*

CITMA. (2017). *Estrategia Nacional de enfrentamiento al cambio climático (tarea vida).*

Clemente Arenas, E. R. (2021). Captura de carbono en sistemas agroforestales en el Perú. *Revista Forestal Del Perú*, 36(2). <https://doi.org/10.21704/rfp.v36i2.1797>

Cochrane, K., De Young, C., Soto, D., & Bahri, T. (2012). Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura. *ISBN 978-92-5-306347-5.*

Comisión Europea. (2023). *Causas del cambio climático - Comisión Europea.*  
[https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change\\_es](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_es)

Dumoulin, A. (2023). *Las iniciativas de precio a las emisiones de carbono en América Latina y en el mundo siguen creciendo en 2023.*

EIA. (2022). *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021 – Analysis - IEA.*  
<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>

EIA. (2024). *CO2 Emissions in 2023 – Analysis - IEA.* <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>

Falcón Méndez, A., Rosa Angulo, R., Borroto Escuela, D. Y., Hernández López, N. V., & Hernández Ramos, I. (2018). *Vista de Resiliencia del bosque semidecidual en plantación de Albizia procera de 30 años en el Área Protegida Jobo Rosado.*

<https://forestbaracoa.edicionescervantes.com/index.php/fb/article/view/382/327>

FAO. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. *Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación*.

Fernandez, C. J., Cely, G. E., & Serrano, P. A. (2019). Cuantificación de la captura de carbono y análisis de las propiedades del suelo en coberturas naturales y una plantación de pino en el páramo de Rabanal, Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(1).

Frómata Cobas, A., Romero Matos, E., & Moreira Matos, W. (2023). *Retención de carbono por los bosques en condiciones xerofítica. Guantánamo, Cuba. 11(1)*.

Fuentes Pérez, M. del C. (2024). *Jardín Botánico, un paraíso natural*.

García González, A., & Pérez Márquez, R. (2011). La comunidad orquideológica en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Cuba. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1805–1812.  
[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442011000400031&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000400031&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Harrould Kolieb, E., & Savitz, J. (2009). *ACIDIFICACIÓN: ¿CÓMO AFECTA EL CO2 A LOS OCÉANOS?*

Hernández Hernández, M. L., Velasco García, M. V., López Upton, J., Galán Larrea, R., Ramírez Herrera, C., & Viveros Viveros, H. (2019). Crecimiento y supervivencia de procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* en la costa de Oaxaca, México. *Bosque (Valdivia)*, 40(2), 173–183. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002019000200173>

- Hernández, J. E., Tirado Torres, D., & Beltrán Hernández, R. I. (2014). Captura de carbono en los suelos. *PÄDI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 1(2).  
<https://doi.org/10.29057/icbi.v1i2.506>
- Izco Cabezón, F. (n.d.). *MANUAL DE MEDICIONES FORESTALES*.
- Kanninen, M. (2003). *Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global*.  
<https://www.fao.org/4/y4435s/y4435s09.htm>
- Lobos, G., Vallejos, O., Caroca, C., & Marchant, C. (2005). El Mercado de los Bonos de Carbono (“bonos verdes”): Una Revisión. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 1.
- López, H. G., Vaidés, E. E., & Alvarado, A. (2018). Evaluación de carbono fijado en la biomasa aérea de plantaciones de teca en Chahal, Alta Verapaz, Guatemala. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 137–153. <https://doi.org/10.15517/RAC.V42I1.32201>
- López Toache, V., Romero Amado, J., Toache Berttolini, G., & García Sánchez, S. (2015). *Bonos de carbono: financiarización del medioambiente en México*.
- Manchabajoy Cañar, J. P., Andrade Díaz, D., & Castillo Marín, Á. J. (2022). Evaluación de captura de carbono en sistemas productivos de café en el departamento de Nariño. *Ciencia y Agricultura*, 19(1). <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.13358>
- Mayorca Morales, J. P., Motta Fernandez, B., Ríos Brito, E., & Tenazona Huitron, G. (2018). *Oportunidades de desarrollo del mercado de bonos de carbono en el Perú*.

- Mena Mosquera, V. E., & Andrade C, H. J. (2021). Potencial de reducción de emisiones y captura de carbono en bosques y sistemas agroforestales con cacao en el Pacífico colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 69(4). <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i4.45927>
- Miranda, T., Machado, R., Machado, H., & Duquesne, P. (2007). Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica.: Estudio de caso. *Pastos y Forrajes*, 30(4), 0–0. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942007000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942007000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Moya López, C. E. (2020). *Del patrimonio natural cubano; el género Roystonea (Arecaceae) Of the Cuban natural heritage; the genus Roystonea (Arecaceae)*. [https://www.researchgate.net/publication/343725778\\_Del\\_patrimonio\\_natural\\_cubano\\_el\\_genero\\_Roystonea\\_Arecaceae\\_Of\\_the\\_Cuban\\_natural\\_heritage\\_the\\_genus\\_Roystonea\\_Arecaceae](https://www.researchgate.net/publication/343725778_Del_patrimonio_natural_cubano_el_genero_Roystonea_Arecaceae_Of_the_Cuban_natural_heritage_the_genus_Roystonea_Arecaceae)
- Naciones Unidas. (2015a). *ACUERDO DE PARÍS* .
- Naciones Unidas. (2015b). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*.
- OECD. (2023). *Lograr la neutralidad climática en la región de América Latina y el Caribe*.
- Pérez Ruiz, E., & Bonilla Vichot, M. (2014). *Vista de La retención de carbono en plantaciones forestales. estudio de caso: Empresa Forestal Integral “Cienfuegos” | Revista Cubana de Ciencias Forestales*. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/116/256>
- PNUD. (2023). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Cuba*.

Pucallpa. (2021). *I BOSQUES SECUNDARIOS: ORIGEN, DEFINICION, EXTENSION Y*

*POTENCIAL ORIGEN.*

Rodríguez Matos, Y., Ajete Hernández, A., Orta Pozo, S., Rondón Gonzáles, D. N., & Rivera

Díaz, J. R. (2018). *Comportamiento del carbono retenido en el arbolado urbano en el sur de la ciudad de Guantánamo.* [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-34692018000300284](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692018000300284)

Romero Miranda, R., Serrano Martínez, Y., Carrillo Sánchez, M. A., Rivera Hernández, M., &

Valdés Valdés, Y. (2022). Resultados de retención de carbono en parcelas permanentes en Sierra del Infierno, Parque Nacional Viñales. *Revista ECOVIDA*, 12(1), 1–13.

<https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2018.04.04>

Santos Abreu, I., Rodríguez Vallejo, E., Valdivia Martínez, I., Garay Meneses, R. A., Vanegas

Valdivia, L. I., Durán Aulet, Z. E., Martínez Serrano, R., Sánchez Correa, A., Alonso Hernández, P. E., Sosa López, G., Oliva GARCÍA, A., Borroto Pérez, M., Hernández Azcuy, O. L., Escudero Vinent, M., Fragoso Martínez, A. J., & Aguiar Guillermo, E. (2018). *PAISAJE MONTAÑOSO Una mirada escolar.*

[https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-01/ilovepdf\\_merged.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-01/ilovepdf_merged.pdf)

Sequeiros Abarca, D. A., & Cazorla Galdos, J. O. (2020). Servicio ambiental de captura de

carbono de los bofedales del Centro Poblado Alto Perú, Tacna. *INGENIERÍA INVESTIGA*, 2(2). <https://doi.org/10.47796/ing.v2i2.411>

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

- Soledad Duval, V., & Cámara Artigas, R. (2021). Diversidad y captura de carbono en un bosque secundario de caldén (*Prosopis caldenia*) en La Pampa, Argentina. *Estudios Geográficos*, 82(291). <https://doi.org/10.3989/estgeogr.202184.084>
- Solorza Bejarano, J. H., & González Pinto, A. L. (2018). *Ecología y Cambio Climático en Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia*.
- Telles Antonio, R., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., Telles Antonio, R., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., & Treviño Garza, E. J. (2019). Estimación de carbono acumulado en *Gmelina arborea* Roxb. en Tlatlaya, Estado de México mediante ecuaciones alométricas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(55), 135–153.  
<https://doi.org/10.29298/RMCF.V10I55.593>
- Universidad Complutense de Madrid. (n.d.). *Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible - Materia orgánica y actividad biológica* .
- Vargas Mena, A., Amescua, A., & Sandoval, Y. (2004). *La captura de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental?*
- Weather Spark. (2024). *El clima en Camagüey, el tiempo por mes, temperatura promedio (Cuba)* - <https://es.weatherspark.com/y/20782/Clima-promedio-en-Camag%C3%BCey-Cuba-durante-todo-el-a%C3%B1o>

## **12 ANEXOS**

**Anexo 1:** Excel: “DATOS

TRABAJO ÁREA 5 PUNTOS”