

**INFORME FINAL PRACTICA PROFESIONAL EN LA UNIVERSIDAD SANTO
TOMÁS, VILLAVICENCIO**



MANUEL FERNANDO TORRES BASTO



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2023

**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL EN LA UNIVERSIDAD SANTO
TOMÁS, VILLAVICENCIO**

MANUEL FERNANDO TORRES BASTO

Informe final de práctica presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero
Ambiental

Tutor

Mg. ALBERTO CORTES SANTOS

Ingeniero Ambiental

Mg. Gestión Ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2023

Autoridades Académicas

P. JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O. P.

Rector General

P. EDUARDO GONZÁLEZ GIL, O. P.

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ANTONIO BALAGUERA, O. P.

Rector Sede Villavicencio

FRAY RODRIGO GARCIA JARA, O. P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

Mg. WILLIAM PEÑARANDA ZARATE

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Contenido

	Pág.
Introducción	9
1. Justificación	13
2. Objetivos	15
2.1 Objetivo general.....	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. Metodología	16
3.1 Fase 1. Recolección de Información.....	16
3.2 Identificación de Individuos	16
3.3 Diseño de muestreo.....	16
3.4 Cuadrantes ubicados de forma aleatoria, según la facilidad de acceso.....	17
3.5 Numeración de los árboles.....	17
3.6 Establecimiento de Parcelas.....	17
3.7 Determinación del Método para la estimación de Carbono.....	18
3.8 Medición del diámetro (D) Y Alturas (H)	19
3.8.1 Medición de Diámetro	19
3.8.2 Medición de alturas (H)	20
3.9 Fase 2. Sistematización de Datos.....	20
3.9.1 Tratamiento de datos.....	20
3.9.2 Elección de Ecuaciones y Estimación porcentajes de carbono:.....	20
3.9.3 Determinación de Biomasa	21
3.9.4 Biomasa aérea para Los cuadrantes o parcelas	21
3.9.5 Conversión de la biomasa aérea a carbono	22
3.9.6 Conversión del carbono calculado a CO2 equivalente	22
4.Fase 3. Evaluación datos obtenidos de la especie (<i>Mimosa trianae Benth</i>).	23
5. Resultados	24
5.1 Estimación captura de carbono	28

5.2 Biomasa aérea (BAT) Total para todos los cuadrantes..... 29

5.3 Biomasa aérea por hectárea BA (t/Ha) 29

5.4 Conversión Biomasa Aérea a Carbono (CBA t C/Ha)..... 30

5.5 Carbono acumulado a CO2 Equivalente..... 30

Criterios de Conservación..... 31

Criterios de Conservación para el Falso Yopo o *Mimosa trianae Benth.*..... 31

Visión humanística tomasina 33

Conclusiones..... 34

Referencias..... 35

Anexos 39

Anexos 40

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Delimitación Cuadrantes.	18
Figura 2 Delimitación Área Humedal charco-Oasis y Delimitación de Cuadrantes.	24
Figura 3. Cantidad de cuadrantes numerados.	25
Figura 4. <i>Recolección de datos.</i>	27

Lista de Tablas

Tabla 1, Factores de conversión para la obtención de biomasa aérea en unidades de toneladas por hectárea (t ha ⁻¹).	22
Tabla 2. Coordenadas ubicación Cuadrantes.	25
Tabla 3. Numero de Arboles (individuos) por Cuadrante.....	26
Tabla 4, Ecuaciones alometricas recomendadas para el cálculo de biomasa en bosques naturales de todos los árboles con $D \geq 10$ cm). Dónde: BA es la biomasa aérea en Kg; D es diámetro es el diámetro normal medido a 1,30 m desde el suelo en cm, ρ es la densidad de la madera en g cm ³ ; a, b, c, y B1son constantes del modelo y R ² es el ajuste del modelo.	28
Tabla 5. Resultados por Cuadrante de; Biomasa Total (BAT), Biomasa Aérea (BA), Conversión Biomasa Aérea a Carbono (CBA), Carbono acumulado a CO2 Equivalente.....	29

Lista de anexos

Anexo A 39

Anexo B, Tablas Coordinadas de cada uno de los árboles encontrados en cada cuadrante..... 40

Introducción

Los humedales representan el sustento de la vida, brindan funciones ecológicas que hacen posible la continuidad de los ciclos naturales, importantes para establecer un equilibrio a nivel global (Worboys y otros, 2019).

Dentro del ciclo hidrológico juegan un rol crítico en la contribución a la salud y regulación hídrica de las cuencas hidrográficas, estuarios y las aguas costeras, efectuando funciones como la mitigación de impactos por inundaciones, absorción de contaminantes, retención de sedimentos, recarga de acuíferos y proveyendo hábitats para animales y plantas, incluyendo un número representativo de especies amenazadas y en vías de extinción (Ministerio de Medio Ambiente, 2001).

También hay que mencionar el aporte significativo, con relación al almacenamiento y secuestro de carbono que realizan los humedales, dentro del proceso fundamental en la regulación del clima mundial. La acumulación de Carbono en los humedales se realiza en dos compartimentos principales, la biomasa vegetal y los suelos. (Hernández, 2010). Los humedales también regulan el microclima, por ejemplo, en los entornos urbanos, donde pueden romper las "islas de calor" (Convención de Ramsar sobre los Humedales, 2018). Los humedales producen aire húmedo, gracias a la cantidad de agua y vegetación que están allí presentes y de esta forma enfrían de manera natural las áreas adyacentes, mejorando la calidad del aire (ONU Habitat, 2018).

En un contexto general, y conforme lo establecido por medio de la Ley 357 de 1997, que aprueba de la Convención Ramsar, se introduce en la legislación nacional el concepto y la definición de humedales, así: “Son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.” (Ponce de León, 2004)

En Colombia, los humedales cubren el 26 % del territorio continental. En promedio, el 75 % de los humedales están conformados por coberturas naturales (bosques, herbazales, arbustales y cuerpos de agua) (Burbano Giron y otros, 2020).

En términos regionales, en la Orinoquia se sitúan la mayor cantidad de humedales por extensión del país. Sus características principales se asocian a una estructura de tipo de humedal

ribereño con sus vegas de inundación, en ellos se aprecia una compleja trama boscosa de galería y morichal (Burbano Giron y otros, 2020).

En la misma medida que el área de humedales es significativa, proporcionalmente brindan una cantidad de beneficios ecológicos importantes en la dinámica y equilibrio entre ecosistemas y el desarrollo de las comunidades. Pero en la región se presenta también una de las mayores tasas de transformación del paisaje -Casanare, Meta y Arauca y es en esta área geográfica donde se mantiene una de las mayores tasas de producción ganadera del país. Es entonces la ganadería uno de los factores principales que modifican la llanura inundable y los humedales en el país (Ministerio de Medio Ambiente, 2001).

No son solamente los humedales de la sabana de la Orinoquia los que soportan presiones que alteran su composición y estructura, a nivel urbano los humedales, están constantemente sometidos a cambios por factores relacionados con la contaminación, la urbanización y la deforestación. Cada uno de estos factores incide de forma perjudicial, comprometiendo la existencia de los mismos y el bienestar de las personas (Convención sobre los Humedales, 2012).

En Villavicencio existen a aproximadamente 200 humedales, distribuidos por distintas zonas de la ciudad. Mediante el decreto 2372 de 2010 se crearon las áreas protegidas regionales dentro de los cuales se encuentran algunos humedales de la capital del Meta. Solo unos pocos han sido reconocidos como áreas de protección especial y se mencionan a continuación; Humedal Coroncoro, Humedal Caracoli, Humedal Zuria, Humedal el Charco, Humedal aguas claras, Humedal kirpas Pinilla- la Cuerera, Humedal Calatrava. (Presidencia de la República de Colombia, 2010).

Los humedales en el municipio de Villavicencio como ciudad capital del Meta, , en una breve descripción, no son ajenos a algunas problemáticas, como la contaminación, pérdida de cobertura vegetal por deforestación e invasión de áreas de humedal por expansión urbana, este último factor asociado en la mayoría de los casos con asentamientos ilegales. Todos estos fenómenos reducen y delimitan a diario las áreas de los humedales en la ciudad (Garzon Cadena, 2021).

El humedal parque ecológico El Charco oasis, con Área total de 10,74 Hectáreas (Cormacarena, 2011), se ubica en el Municipio de Villavicencio dentro de la zona urbana, comuna 5, exactamente ubicado en límites con el barrio Bosques de Vizcaya y cerca de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, campus Aguas Claras (Cormacarena, 2014). En su interior se

encuentra el nacimiento del Caño Oasis, que pertenece a la microcuenca del caño La Cuerera, el cual drena al río Ocoa, afluente del río Guatiquía. Presta los servicios de: regulación de la calidad del aire, regulación hídrica, control de inundaciones, ciclado de nutrientes y culturales como paisajismo y recreación (Cormacarena, 2014).

El humedal el charco, es una estructura ecológica clave, pues es un ecosistema que, proporciona como se había mencionado anteriormente, valiosos servicios dentro de la ciudad, entre ellos, el de purificación del aire y la regulación de la temperatura (Samaniego y otros, 2022), función que se lleva a cabo, por medio de la captura de dióxido de carbono, este uno de los principales contaminantes generadores del efecto invernadero, mediante un proceso en el cual se vincula de forma directa la vegetación presente del Humedal.

Dicho proceso se altera debido a problemas como la deforestación como otra manifestación de las intervenciones antrópicas y es además otra causa que contribuye a la liberación de CO₂ a la atmosfera (Uribe Botero, 2015).

Dentro del humedal, se encuentran una diversidad de especies de flora y fauna, que constituyen un ecosistema rico en variedad. Específicamente se encuentra un tipo de árbol denominado científicamente *Mimosa trianae Benth*, o conocido comúnmente como falso yopo. Esta variedad está presente en la mayoría de humedales y bosques dentro del perímetro urbano de la ciudad de Villavicencio. Por mucho tiempo ha sido usado por lugareños como como fuente de carbón en la preparación de alimentos, en especial el plato típico llanero la mamona, convirtiéndose en una especie atractiva y perseguida, e inmersa en eventos de tala descontrolada, sumado a la deforestación indiscriminada propiciada por la expansión urbana (Acero Duarte, 2007).

Su relevancia es indiscutible por ser una especie endémica de la región orinocense y ante su alto valor ecológico, económico y cultural, la especie es utilizada en diferentes procesos, como por ejemplo en arreglos forestales en ganadería, bajo métodos de silvicultura y en proyectos de restauración de ecosistemas (Calle Z & Murgueitio E, 2020).

Estas mismas características, permiten que el falso yopo o *Mimosa trianae Benth*, se pueda considerar como una opción de estudio, en el análisis de su capacidad en la captura de carbono en algunas zonas de Colombia. Establecer la capacidad de captura de carbono, es posible por medio de la utilización de métodos que incluyen el uso de ecuaciones alométricas, que consisten algoritmos matemáticos que representan una relación (lineal o no) entre los aumentos de las

medidas de los árboles (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2012). Las ecuaciones alométricas consignadas en la literatura, han sido elaboradas por distintos autores que han tenido en cuenta las condiciones geográficas de la zona donde se ubican las diferentes especies de árboles y sus características estructurales.

En el caso colombiano, en especial zonas como la Orinoquia, comúnmente se emplean ecuaciones alométricas desarrolladas para el trópico con ligeros ajustes, entendiendo que las condiciones climáticas inciden e implican variables atmosféricas como la humedad, la temperatura y la precipitación (Solano y otros, 2019).

La determinación de la captura de carbono, aporta datos clave para elaborar acciones que permiten mitigar los efectos del calentamiento global, con un valor adicional enlazado a la conservación de los ecosistemas.

1. Justificación

Desde el período preindustrial, los cambios en la cobertura terrestre y nivel ambiental en general debido a las actividades humanas, han dado lugar a una liberación neta de CO₂ que contribuye al calentamiento global (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2020). Por esta razón surge la necesidad de desarrollar métodos que permitan conocer la concentración de CO₂ en los compartimentos naturales, con énfasis en especies vegetales, arbustos, árboles césped etc., ya que son quienes retienen en mayor cantidad el CO₂ lanzado a la atmósfera.

Realizar la estimación de la captura de carbono en países como Colombia, está enlazado al compromiso de la nación, de desarrollar acciones con el propósito de mitigar los efectos del cambio climático. De igual manera, dicha valoración aporta datos fundamentales como insumo para la determinación de posibles compensaciones financieras, por la ejecución de actividades de protección y conservación de los ecosistemas (Banco Mundial; Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2014).

El desarrollo de un trabajo de este tipo, está basado en mediciones a distintas escalas, que pueden ser desde los inventarios de campo realizados a escala local, hasta las mediciones de teledetección por satélite que funcionan a escala nacional o subregional (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2012). El registro de datos, permite cuantificar el almacenamiento de carbono en diferentes compartimientos o reservorios, y coberturas de la tierra (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2011).

De acuerdo con lo anterior, se hace estrictamente necesario, llevar a cabo la toma de datos dentro del humedal, con la finalidad de establecer la línea base para el progreso de la propuesta. El trabajo a desarrollar plantea como objetivo principal, obtener la estimación de captura de carbono de la especie (*Mimosa trianae Benth*), conocida comúnmente como falso yopo, presente en el parque ecológico humedal el charco oasis (Garzon Cadena, 2021).

La propuesta basa la realización del objetivo central, en el uso de ecuaciones alométricas, contenidas en la literatura referente al tema y establecidas por distintos autores. De este modo las ecuaciones alométricas, que permiten predecir la biomasa de un árbol a partir de las características dendrométricas más fáciles de medir (como su diámetro o su altura), son elementos clave para

estimar la contribución de los ecosistemas forestales al ciclo del carbono (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2012). Utilizar un modelo de ecuaciones establecidas facilitará el progreso del trabajo, al obtener un ahorro de tiempo, pues no será necesario plantear las ecuaciones desde cero.

Determinar la capacidad de captura de carbono, de especies como el falso yopo, establece un precedente por el nivel de importancia que tiene su condición de especie endémica (Acero Duarte, 2007), lo que contribuirá a fijar lineamientos más amplios, a la hora de crear políticas de conservación de los ecosistemas urbanos, que al mismo tiempo estén alineadas a las medidas e iniciativas que conduzcan a un cambio, por ejemplo con los objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales, dentro de una serie de 17 propósitos, promueven una agenda mundial de desarrollo sostenible (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2015).

Con base en todo lo anterior, se hace evidente la importancia que implica para la Universidad Santo Tomas, que hace parte del área de influencia del humedal, respaldar el desarrollo de la práctica profesional, como espacio significativo de construcción del conocimiento, a través de iniciativas como el presente trabajo, para contribuir a la protección y preservación del humedal, como ecosistema estratégico para la ciudad y soporte de la vida.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Establecer la capacidad de captura de carbono de la especie *Mimosa trianae Benth*, en el Humedal el Charco oasis, a partir de la aplicación de ecuaciones alométricas para resaltar la importancia de conservación de los humedales urbanos.

2.2 Objetivos específicos

1. Identificar el número de individuos y la estructura de la especie *Mimosa trianae Benth*, dentro del Humedal Charco-Oasis.
2. Estimar los porcentajes de captura de carbono a partir del uso de ecuaciones alométricas; $Ln(BA) = a + BILn(D^2H\rho)$ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2011).
3. Determinar criterios de conservación de la especie *Mimosa trianae Benth* dentro del Humedal Charco-Oasis.

3. Metodología

La metodología se estableció en tres fases, en las cuales se desarrollaron actividades enfocadas en la toma de datos y su posterior análisis y finalmente concluir con la recomendación de un número de criterios en pro de la conservación del falso yopo o *Mimosa trianae Benth.*

3.1 Fase 1. Recolección de Información

En esta fase, se determinó el método para establecer la forma de recolección de la información. Un método adecuado para este fin fue, el de recolección de información previa sobre estimación de captura de carbono contenido en el número de individuos de la especie *Mimosa trianae Benth* tomados como muestra.

3.2 Identificación de Individuos

Esta actividad consistió en realizar un recorrido preliminar dentro del humedal, para constatar la existencia dentro del humedal de individuos de la especie *Mimosa trianae Benth*, conocida comúnmente como falso Yopo. La metodología utilizada para la identificación de los individuos, se estableció de la siguiente manera; a) recolección de información en la literatura, para conocer la estructura y características morfológicas de la especie. Las características reseñadas fueron las siguientes: Copa amplia, follaje de textura fina, corteza escamosa. Hojas bipinadas, alternas, helicoidales. Fruto en legumbre articulada y plana de 45×14 mm. (Acero Duarte, 2007) b) Comparación de fotografías de los individuos presentes en el humedal y los registros contenidos en la literatura.

3.3 Diseño de muestreo

El diseño del muestreo se basó inicialmente, en un muestreo deliberado, porque se ubicaron los cuadrantes en lugares que ofrecían un fácil acceso y cercanos a los senderos que ofrecen el libre paso entre la vegetación del lugar. De esta manera, se inició con la determinación del área total del humedal, el área total del Humedal charco- Oasis, es de 10,74 Hectáreas (Cormacarena,

2011), de acuerdo con los datos contenidos en resoluciones administrativas locales. Con base en la definición del área del humedal, posteriormente se construye un esquema metodológico en el que se decidió tomar información en terreno, delimitando cuadrantes en distintos puntos del humedal de forma aleatoria, dentro de los cuales, se identificó un número de árboles de la especie objetivo.

3.4 Cuadrantes ubicados según la facilidad de acceso.

Los cuadrantes fueron establecidos en zonas del humedal que permiten un fácil acceso, ya que el humedal cuenta con puntos donde corrientes de agua no permite delimitar un perímetro, además de la espesa vegetación, dificulta la ubicación de un cuadrante.

3.5 Numeración de los árboles

Se incluyeron todos los individuos dentro del cuadrante. Los individuos que estaban con un 50% del tallo dentro del cuadrante también fueron incluidos en el conteo. Una vez se realizó el conteo, se elaboró un registro de los datos.

3.6 Establecimiento de Parcelas

Es un método ampliamente usado por ecólogos, biólogos e ingenieros forestales e investigadores para describir y estudiar las características estructurales del bosque, así como su dinámica. el establecimiento de parcelas con métodos estándar permite la estimación de los contenidos de carbono en un primer momento en el tiempo, (Yepes Quintero y otros, 2011).

Se decidió fijar una cantidad de 10 cuadrantes o parcelas ubicadas en distintos puntos, con proximidad a los senderos existentes. Las medidas fijadas fueron de: 10 m × 10 metros cada uno. Cada parcela se delimito con la utilización de estacas guías, ubicadas de acuerdo con las medidas antes mencionadas. Posteriormente se demarco el área con una cuerda de color amarillo, con el fin de hacerla visible y que cumpliera con el propósito de ubicar y localizar cada individuo dentro de los mismos cuadrantes.

Se establecieron 10 cuadrantes, de 10 metros x 10 metros, a raíz de abarcar un área estadísticamente significativa, de acuerdo al área total que corresponde a las 10,74 hectáreas que componen el humedal. Los tamaños de parcelas más frecuentemente utilizados para los estudios de carbono forestal varían entre 100, 200 y 500 metros cuadrados (Rodríguez Santos, 2013).

Como lo muestra la figura 1, Cada cuadrante se delimito con una cuerda de color amarillo para facilitar su visibilidad.

Figura 1 *Delimitación Cuadrantes.*



Nota: Fotografías registradas en trabajo de campo. Delimitación de cuadrantes o parcelas al interior del Humedal Charco-Oasis

Una vez establecidos los cuadrantes, se dio continuidad a las siguientes actividades correspondientes a la metodología previamente señalada.

3.7 Determinación del Método para la estimación de Carbono.

Existen dos métodos para estimar la biomasa aérea y biomasa en el suelo: el método directo y el método indirecto. Método directo, consiste en cosechar la biomasa de todos los árboles en un área conocida, secarla y pesarla. El Método Indirecto, consiste en medir las variables más relevantes en campo, en el caso de los árboles se tiene en cuenta el diámetro y/o altura (Yepes Quintero y otros, 2011).

Para este caso se seleccionó el método indirecto, porque no existe la necesidad de talar el árbol seleccionado. Por otra parte, la toma de medidas consiste en un proceso rápido y sencillo, que no implica gran presupuesto y mano de obra. Las variables a tener en cuenta para la ecuación escogida son, el DAP, que es el diámetro medido a la altura del pecho; H altura del árbol y ρ que es la densidad de la madera de la especie. En caso de no obtener la densidad de la especie en cuestión, como en el presente trabajo, entonces se recurrió a la recomendación del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) utilizar el promedio general de densidad de la madera.

3.8 Medición del diámetro (D) Y Alturas (H)

3.8.1 Medición de Diámetro

La toma de medidas consistió en medir el diámetro de cada uno de los individuos ubicados dentro de cada cuadrante.

Para medir el diámetro de los árboles se utilizó una cinta métrica. La altura a la cual se midió el diámetro fue de 1.30 m, y teniendo en cuenta la corteza del árbol. La medida fue tomada desde el suelo, lugar donde sale el tallo del árbol.

Posteriormente de la toma de la medida se dibujó con tiza el diámetro con una tiza de color visible y luego se pintó una franja de color amarillo con un ancho de 2.5 cm. El dibujo permitirá que se puedan llevar a cabo mediciones en el futuro.

Hay que aclarar que, en el momento de utilizar una cinta métrica para medir el diámetro, se midió la circunferencia del mismo, entonces para obtener el diámetro se utilizó la siguiente fórmula para la corrección de la medida;

$$D = \frac{CAP}{\pi}$$

Donde: D, es el diámetro (cm), CAP, es la circunferencia medida en campo (cm) y π , es una constante matemática ($\pi \approx 3,1416$) (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2011).

3.8.2 Medición de alturas (H)

La altura total de un individuo se refiere a la altura del último meristema apical de palmas y helechos arbóreos o de la última hoja del árbol. La medición de la altura se puede realizar de forma directa o indirecta (Yepes Quintero y otros, 2011). la altura es estimada de manera indirecta, usando instrumentos como clinómetros o hipsómetros.

En este caso la altura se midió, utilizando un hipsómetro, herramienta que garantizo una medida real con respecto a la altura de cada árbol, es decir que los datos recolectados, se alejaron de ser datos incorrectos.

3.9 Fase 2. Sistematización de Datos

3.9.1 Tratamiento de datos

Los datos registrados en campo, de acuerdo a las variables elegidas, fueron digitalizados en con la ayuda de la herramienta Excel, que fue la herramienta elegida para el tratamiento de los datos. Exel permitió obtener los Resultados por Cuadrante de; Biomasa Total (BAT), Biomasa Aérea (BA), Conversión Biomasa Aérea a Carbono (CBA), Carbono acumulado a CO2 Equivalente.

Dicho software permitió ejecutar procedimientos analíticos, que involucraron las variables seleccionadas, por lo cual la hizo una herramienta pertinente para el tratamiento de los datos.

3.9.2 Elección de Ecuaciones y Estimación porcentajes de carbono

Con base en los modelos propuestos para Colombia, se definió el tipo o modelo de ecuación alométrica más adecuada, de acuerdo con el tipo de cobertura vegetal que representa la especie elegida para el trabajo y que está presente en el parque ecológico humedal el charco. Con el objetivo de estimar los porcentajes de carbono de cada árbol presentes en cada cuadrante, se seleccionó la ecuación del subconjunto 3 de la tabla 4, con base en las recomendaciones del IDEAM, contenidas en el protocolo para la estimación nacional y subregional de captura de

carbono en Colombia. En dichas recomendaciones se tienen en cuenta las características físicas del terreno y el clima para la región, siendo la Villavicencio, un área de bosque húmedo Montano.

3.9.3 Determinación de Biomasa

Es importante aclarar que, para obtener los porcentajes de captura de carbono, primero se tuvo que hallar la biomasa aérea de cada individuo o árbol, para esto se utilizó la ecuación, para bosque húmedo montano, de la cual se hace referencia en la tabla número 4.

$$\ln(BA) = a + B1\ln(D^2H\rho)$$

Donde:

BA= biomasa aérea en Kg

a= constante

B1= constante

D= Diámetro en cm

H= Altura en metros

ρ = Densidad de la madera

La ecuación ingresada en Exel fue la siguiente:

$$= EXP(-2,45 + 0,932\ln(D^2H\rho))$$

Nota. Los resultados del desarrollo de la ecuación en Exel para cada individuo se encuentran en la sección de anexos.

3.9.4 Biomasa aérea para Los cuadrantes o parcelas

Una vez seleccionada(s) la(s) ecuación(es), se calcula la biomasa aérea (BA) para cada árbol y la biomasa aérea total (BAT) de cada parcela. Esta última se calcula como la suma de la biomasa de todos los árboles vivos. No obstante, el valor de biomasa aérea se debe reportar en unidades de toneladas por hectárea (t ha⁻¹). Para ello, se debe multiplicar el valor obtenido por parcela, por el factor de conversión según el tamaño de parcela empleado. En la Tabla 1 se presentan los factores de conversión para cada uno de los tamaños de parcela sugeridos. Luego de

esto, el valor resultante se debe dividir por 1000 para llevar a toneladas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2011)

$$BA \left(\frac{Kg}{par} \right) * \left(\frac{1t}{1000Kg} \right) * FC = BA \left(\frac{t}{ha} \right)$$

Tabla 1, Factores de conversión para la obtención de biomasa aérea en unidades de toneladas por hectárea (t ha-1).

Tamaño (ha)	Dimensiones (m²)	Factor de conversión
0,010	10 x 10	100
0,040	20 x 20	25
0,0625	25 x 25	16
0,25	50 x 50	4
1,0	100 x 100	1

Nota: Tabla extraída del Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa carbono en Colombia, p.52.

3.9.5 Conversión de la biomasa aérea a carbono

En la mayoría de los estudios sobre almacenamiento de carbono en la biomasa de los bosques tropicales se asume que la biomasa de los árboles vivos contiene aproximadamente 50% de carbono (MacDicken, 1997); Por tanto, se sugiere usar el factor de 0,5 para transformar la biomasa a carbono. Sin embargo, es importante enfatizar que la fracción de carbono en la madera puede variar entre especies (Eliás & Potvin, 2003).

3.9.6 Conversión del carbono calculado a CO2 equivalente

El dióxido de carbono equivalente (CO2e) corresponde a la medida métrica utilizada para comparar las emisiones de varios gases de efecto invernadero (GEI), basada en el potencial del calentamiento global de cada uno. El dióxido de carbono equivalente es el resultado de la multiplicación de las toneladas emitidas de GEI por su potencial de calentamiento global. Por ejemplo, el potencial de calentamiento del metano (CH4) es 21, veces mayores a la del CO2, entonces el CO2 equivalente del metano es 21. Para convertir la cantidad de carbono (almacenada o emitida) por los ecosistemas forestales, el IPCC recomienda emplear el factor 44/12=3,67, (esta

cantidad resulta de dividir el peso atómico de una molécula de dióxido de carbono, por el peso específico del carbono). Es decir, se multiplica la cantidad de toneladas de carbono que almacenan los bosques por 3,67. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2011).

4. Fase 3. Evaluación datos obtenidos de la especie (*Mimosa trianae Benth*).

En esta fase, se efectuó una evaluación de los resultados obtenidos en las fases iniciales y por consiguiente se realizó un análisis estadístico, que permitió establecer los porcentajes de captura de carbono del árbol u/o especie elegida, que finalmente se tradujo en un análisis general.

Para reforzar la evaluación, se aplicó al análisis, un enfoque del valor agregado que denotan los beneficios sociales, culturales y ecológicos, que pueden obtener los habitantes de la ciudad, por la conservación de la especie de árbol seleccionada, además como elemento fundamental dentro de las estructuras de bosques que componen los humedales en Villavicencio. De forma adicional, los resultados finales, proporcionaron la oportunidad de relación con algunos factores que afectan la condición del humedal y su implicación en la que determinan la situación actual del humedal.

Este análisis posibilitó finalmente, constituir un aporte a la cuestión fundamental, de la importancia de llevar a cabo investigaciones para conocer las estimaciones de las reservas de carbono, de la cobertura forestal urbana en la ciudad de Villavicencio, localidad que particularmente alberga un número significativo de humedales. Como producto final se logró determinar algunos criterios de conservación para el Humedal Charco-Oasis.

5. Resultados

Con base en la aplicación de la metodología propuesta, a continuación, se expondrán los resultados obtenidos durante el desarrollo del trabajo. Se procedió a ejecutar cada una de las actividades propuestas. En un primer momento, se realizó un recorrido inicial, que permitió constatar que efectivamente existen dentro del humedal árboles de la especie *Mimosa trianae Benth*, la presencia de dicha especie, confirmo la viabilidad del desarrollo de las demás actividades correspondientes a la primera fase de la metodología, definida como recolección de información.

El inicio de la primera fase, estuvo marcado por la recolección de datos, para esto se fijaron 10 cuadrantes dentro del humedal, de 10 metros por 10 metros, (sección de anexos imágenes delimitación cuadrantes o parcelas). Seguido a esto se llevó el correspondiente registro de la cantidad de árboles por cuadrante de la especie seleccionada. Se encontraron en promedio 6 árboles por cuadrante. Para finalizar el registro de datos, se tomaron medidas del diámetro y la altura de cada árbol. Las medidas obtenidas del diámetro en promedio fueron de valores promedio de 49,50 cm. El promedio registrado de la altura fue de 15,95 metros.

En la imagen 2, se señala la delimitación del Humedal Charco-Oasis y a su vez se identifican los cuadrantes o parcelas que se establecieron para la recolección de datos.

Figura 2 Delimitación Área Humedal charco-Oasis y Delimitación de Cuadrantes.



Nota: Delimitación Humedal Charco-Oasis, elaborada a partir del software ScribbleMaps,

Como ya se había explicado, se establecieron una cantidad de 10 cuadrantes dentro del humedal. A continuación, en la imagen 3, se identifican cada uno de los cuadrantes respectivamente numerados.

Figura 3. Cantidad de cuadrantes numerados.



Nota: Numero de cuadrantes dentro del Humedal Charco-Oasis, mapa elaborado a partir del software ScribbleMaps,

Con el fin de detallar de forma específica la ubicación de los cuadrantes, a continuación, se muestra en la tabla número 2, sus respectivas coordenadas de posición dentro del área del humedal. Las coordenadas fueron tomadas directamente del software ScribbleMaps,

Tabla 2. Coordenadas ubicación Cuadrantes.

Coordenadas Cuadrantes		
Cuadrante	Latitud	Longitud
1	4.122.48	-7.361.577
2	4.122.94	-7.361.494
3	4.123.30	-7.361.538
4	4.123.71	-7.361.564
5	4.123.50	-7.361.482
6	4.123.36	-7.361.430
7	4.123.80	-7.361.424
8	4.123.48	-7.361.379
9	4.123.92	-7.361.344
10	4.124.32	-7.361.359

Nota: Coordenadas de la ubicación de cada uno de los cuadrantes correspondiente a la imagen 3,

A continuación, se muestra en la tabla 3, se muestra el número de árboles encontrados dentro de cada uno de los cuadrantes establecidos.

Tabla 3. *Numero de Arboles (individuos) por Cuadrante.*

Cuadrante	Cantidad de individuos por cuadrante
1	5
2	4
3	6
4	4
5	7
6	8
7	6
8	9
9	8
10	7
TOTAL	64
PROMEDIO	6,4

Nota: Se muestra el conteo realizado del total de árboles por cuadrante con el respectivo promedio general de todos los cuadrantes

Dentro de los cuadrantes o parcelas se encontró que existe un numero en promedio de 6, 4 árboles de la especie escogida, por cada cuadrante.

En las tablas número 6, de la sección de anexos, se recopilan los datos de las medidas de diámetro y altura de cada árbol. El promedio de diámetro general fue de 49,50 cm y el promedio de altura de todos los árboles medidos fue de 15,95 m.

De forma hipotética se puede hablar de árboles jóvenes en etapa de expansión de su biomasa. En la siguiente imagen se aprecia el trabajo realizado, en cuanto a tomas de medidas, tanto del diámetro como como la altura de cada árbol.

Figura 4. *Recolección de datos.*

Nota: toma medidas de diámetro y altura dentro de cada uno de los cuadrantes fuente propia. A continuación, se presenta la tabla 4, que contiene los datos de diámetro y altura de cada árbol.

Para la fase dos, denominada sistematización de datos, se utilizó la ecuación alométrica recomendada por el IDEAM para bosque húmedo montano (ver tabla 4). Mediante la herramienta Excel se realizaron los cálculos haciendo uso de los datos recopilados en campo. Para la ecuación alométrica escogida, se tuvieron en cuenta la altura, el diámetro y la densidad promedio de la madera.

Tabla 4, Ecuaciones alométricas recomendadas para el cálculo de biomasa en bosques naturales de todos los árboles con $D \geq 10$ cm). Dónde: BA es la biomasa aérea en Kg; D es diámetro es el diámetro normal medido a 1,30 m desde el suelo en cm, ρ es la densidad de la madera en $g\ cm^{-3}$; a, b, c, y B1 son constantes del modelo y R^2 es el ajuste del modelo.

Subconjunto 1. Variables independientes: diámetro [D] y densidad de madera [ρ] $ln(BA) = a + b ln(D) + c (ln(D))^2 + d(ln(D))^3 + B1ln(\rho)$						
Tipo de bosque	a	b	c	d	B1	R^2
bh-M	3,442	-1,809	1,237	-0,126	1,744	0,954
bh-MB	2,226	-1,552	1,237	-0,126	-0,237	
bh-PM	2,421	-1,415	1,237	-0,126	1,068	
bh-T	2,829	-1,596	1,237	-0,126	0,441	
bp-T	1,596	-1,225	1,237	-0,126	0,691	
bs-T	4,040	-1,991	1,237	-0,126	1,283	
Subconjunto 2. Variables independientes: diámetro [D] $ln(BA) = a + B1ln(D)$						
Tipo de bosque	a	b	c	d	B1	R^2
bh-M	-2,616				2,37	0,932
bh-MB	-1,663				2,37	
bh_PM	-1,866				2,37	
bh-T	-1,544				2,37	
bp-T	-1,908				2,37	
bs-T	-2,235				2,37	
Subconjunto 3. Variables independientes: diámetro [D], altura [H] y densidad de madera [ρ] $ln(BA) = a + B1ln(D^2 H \rho)$						
Tipo de bosque	a	b	c	d	B1	R^2
bh-M	-2,45				0,932	0,948
bh-MB	-1,993				0,932	
bh_PM	-2,289				0,932	
bh-T	-2,218				0,932	
bp-T	-2,413				0,932	
bs-T	-2,29				0,932	

bh-M: bosque húmedo montano; **bh-MB:** bosque húmedo montano bajo; **bh-PM:** bosque húmedo pre montano; **bh-T:** bosque húmedo tropical; **bp-T:** bosque pluvial tropical; **bs-T:** bosque seco tropical.

Nota: Tabla extraída del Protocolo para la estimación nacional y sub nacional de biomasa carbono en Colombia, p.49.

5.1 Estimación captura de carbono

Los resultados obtenidos, se muestran los valores de captura de carbono para cada árbol, en cada uno de los cuadrantes y también se obtuvo un valor total de la cantidad de captura de carbono de todos los árboles del cuadrante. Los valores de captura de carbono para cada árbol se pueden ver en la tabla 6 contenida en la sección de anexos. Dichos valores se obtuvieron por medio de la utilización de la ecuación alométrica señalada en la metodología.

En la siguiente tabla se relacionan los valores de captura de carbono total (BAT) por cuadrante, es decir la suma de todas las cantidades de cada árbol. Además, se consignan en la misma tabla los valores correspondientes a BA(t/ha), la concentración de carbono por hectárea o cuadrante y la concentración de carbono equivalente por cuadrante.

Tabla 5. Resultados por Cuadrante de; Biomasa Total (BAT), Biomasa Aérea (BA), Conversión Biomasa Aérea a Carbono (CBA), Carbono acumulado a CO2 Equivalente.

E	CUADRANT	BAT Kg	BA (t Ha)	CBA t C/Ha	t CO2 equivalente
	1	246,11	24,61	12,31	45,16
	2	303,17	30,32	15,16	55,63
	3	414,45	41,44	20,72	76,05
	4	165,52	16,55	8,28	30,37
	5	574,73	57,47	28,74	105,46
	6	813,03	81,30	40,65	149,19
	7	571,26	57,13	28,56	104,83
	8	951,06	95,11	47,55	174,52
	9	1257,1 0	125,71	62,86	230,68
	10	788,86	78,89	39,44	144,76
	Promedio	608,53	60,85	30,43	111,67

Nota: tabla obtenida al aplicar los factores de conversión recomendados por el IDEAM,

5.2 Biomasa aérea (BAT) Total para todos los cuadrantes.

El valor promedio de biomasa aérea total para todos los cuadrantes con medidas de 10 m x10 m, fue de 608,53 t, es decir que se aprecia una importante cantidad de biomasa del total de todos los árboles muestreados, que fueron 64 individuos. Este resultado demuestra que solo esta especie puede contener cantidades importantes de biomasa en términos de relación cantidad de árboles por la cantidad de área. Además, se comprueba lo significativo de la presencia de la especie dentro del Humedal.

5.3 Biomasa aérea por hectárea BA (t/Ha)

La biomasa aérea por hectárea, hace referencia a la biomasa de cada cuadrante. Esta se obtuvo al multiplicar el valor de la biomasa aérea total de cada cuadrante, por el factor de

conversión, correspondiente a la dimensión de los cuadrantes. Dicho factor de conversión se observa en la tabla 1, que establece que para un cuadrante de 10m x 10m, el factor de conversión es 100. Entonces el promedio de BA (t/ha) de todos los cuadrantes fue de 60,85t.

5.4 Conversión Biomasa Aérea a Carbono (CBA t C/Ha)

La conversión consistió en multiplicar la biomasa aérea obtenida para cada cuadrante por un factor de conversión de 0,5, que es un factor aceptable, aunque el IPCC consideran que existe mayor viabilidad en un factor de conversión entre los rangos de 43 a 58% (Gayoso & Guerra, 2005). El valor promedio obtenido por cuadrante fue de 30,43 t C/Ha. Se puede inferir que el resultado es altamente significativo, si se considera el daño que provoca una sola tonelada de carbono presente en la atmosfera.

5.5 Carbono acumulado a CO2 Equivalente

Este valor se obtuvo al conforme a las recomendaciones del IPCC, por consiguiente, los valores de las toneladas de carbono se multiplicaron por 3,67, valor el cual se obtiene esta de dividir el peso atómico de una molécula de dióxido de carbono, por el peso específico del carbono. El valor promedio para todos los cuadrantes fue de 111,67 t de CO2 equivalente.

Una vez revisados los resultados, se observó que los porcentajes de biomasa y carbono, están estrechamente relacionados con la cantidad de árboles dentro de cada cuadrante, como lo muestra la tabla 6. Los resultados también representan el grado de importancia que tiene la especie como receptora de carbono dentro del humedal.

Además, se puede decir que por la forma en que están distribuidos por el área del Humedal, se refleja una capacidad de crecimiento dispersión y crecimiento constante, esto último basado también en las observaciones de campo, donde se identificaron árboles de la misma especie muy jóvenes con alturas que no superaban los 3 metros.

Los valores obtenidos, reflejan el papel fundamental de la cobertura vegetal que alberga el Humedal, lo que implica que se definan lineamientos claros sobre la conservación de la especie y el área.

Criterios de Conservación

Ante los resultados expuestos, se comprende que es imperativo que se definan criterios que procuren por el cuidado y conservación de la especie *Mimosa trianae Benth*, presente en el Humedal Charco-Oasis. Estos Criterios se generan como desarrollo de la tercera fase del presente trabajo, en la que se planteó su determinación como objetivo. De forma complementaria definir criterios de conservación, también establece unos nuevos niveles de relación de la ciudadanía con los ecosistemas naturales urbanos, llevando a repensar la forma en cómo se desarrolla la ciudad, en el marco de los planes de ordenamiento territorial y el uso adecuado del suelo.

Esto último compromete de manera directa y obligatoria a los mandatarios locales a trabajar bajo esquemas de ciudades verdes, que dispongan de una política ambiental clara y efectiva. Los criterios que se proponen a continuación, pretenden que de una manera general y amplia la comunidad adyacente al Humedal y las autoridades municipales, reflexionen acerca de la importancia de proteger la flora de los ecosistemas urbanos, pero en especial especies como el falso yopo o *Mimosa trianae Benth*, porque dicha especie, es de alguna manera un objetivo dentro de las prácticas y costumbres locales, lo que pone en entre dicho su existencia.

Evitar la desaparición de los humedales presentes en la ciudad, ayuda a mitigar el impacto de los fenómenos naturales, que las últimas décadas varían con intensidades fuera de lo registros históricos.

Criterios de Conservación para el Falso Yopo o *Mimosa trianae Benth*.

1. Elaboración de un inventario, que permita conocer la cantidad real de árboles de la especie *Mimosa trianae Benth*, dentro del Humedal el Charco-Oasis y los demás ecosistemas dentro de la ciudad.

2. Delimitación efectiva del Humedal el Charco-Oasis y de las demás áreas ecológicas urbanas que impida la deforestación y la contaminación, causas principales del deterioro de los ecosistemas urbanos.

3. Monitoreo constante del humedal el Charco-Oasis, y demás humedales, lo que permitirá evidenciar los cambios del ecosistema y las posibles causas que pueden destruir su estructura, todo con el fin de mantener elementos o atributos de dichas áreas forestales.

4. Proyectar campañas de reforestación periódicas y regulares, con el objetivo de plantar árboles de falso yopo o *Mimosa trianae Benth.* Siempre es recomendable que la reforestación se lleve a cabo, plantando árboles de especies nativas u endémicas, en la medida de lo posible.

5. Fomentar el desarrollo de proyectos direccionados a pagos por servicios ambientales para los grupos de ciudadanos y asociaciones ambientales interesados en proteger los bosques y Humedales urbanos. Este programa de pagos, como incentivo por protección de ecosistemas, eleva las expectativas de conservación a mediano y largo plazo de cada uno de los ecosistemas existentes en la ciudad.

6. Desarrollo de una campaña permanente con énfasis en educación ambiental para las comunidades ubicadas en límites del Humedal el Charco-Oasis y demás ecosistemas urbanos, en especial la población joven. Este tipo de estrategias vincula de manera positiva a la juventud, generando un sentido de pertenencia por la riqueza natural de la ciudad. Cuando se logra valorar lo que se tiene, porque difícilmente se llega a intentar dañar lo que aporta al bienestar individual y colectivo.

7. Exigir el cumplimiento de los planes de manejo y conservación para los humedales de la ciudad, además de la formulación de planes para las áreas ecológicas que no cuentan con la evaluación ambiental correspondiente.

Visión humanística tomasina

La visión tomasina del mundo contempla a la naturaleza como factor esencial de la existencia del hombre, porque es la naturaleza la que sustenta la vida. El hombre debe a la naturaleza el desarrollo de los pueblos. Pero el desarrollo de la sociedad siempre estuvo vinculado a la inquietud por resolver problemas o al simple hecho de buscar respuestas a preguntas sencillas. Es ese sentido los preceptos tomasinos, se basan en las ideas originales de las primeras escuelas bajo la tutela de Domingo de Guzmán, que usaban lemas como; “contemplari et contemplata aliis tradere”, contemplar y comunicar a otros lo contemplado (Diaz Camacho, 2017), esto significa que hay que mirar el mundo con asombro para comunicar a los demás lo observado y de esta forma encontrar respuestas.

La búsqueda de conocimiento es vital en la concepción del mundo a partir de la mirada tomista, entonces a partir de la aprehensión del conocimiento se pueden establecer los principios y estos están definidos por las intelecciones (o intuiciones intelectuales) y como la intelección se funda en la experiencia, los principios parten de una comprensión profunda de la realidad (Beuchot, 2004).

Se puede entonces decir que el trabajo investigativo se nutre del ejercicio y la relación directa con el medio que nos rodea. Bajo estas ideas se desarrolló el presente trabajo, con la intención de responder a una inquietud y compartir el conocimiento generado, siempre pensando en el bienestar general, porque es la acción social la que transforma individuos en sujetos. Es este sentido la búsqueda del conocimiento o búsqueda de la verdad, más que un lema que marca a todos los tomasinos, se hace una necesidad frecuente en el proyecto de vida del profesional o del egresado de la Universidad Santo Tomás, que comprende el pensamiento de Tomás de Aquino.

Conclusiones

- La realización del presente trabajo, posibilitó obtener los valores de biomasa aérea y captura de carbono de cada árbol, además de los respectivos promedios totales generales para cada uno de los cuadrantes fijados.
- Los resultados también demostraron que, si se logran conservar la cantidad de árboles encontrados en cada cuadrante de la especie *Mimosa trianae Benth*, se puede evitar que 111,67 toneladas de dióxido de carbono lleguen a la atmósfera.
- Los valores de estimación de la captura de carbono alcanzados están estrechamente relacionados con el diámetro y la altura, que al mismo tiempo tiene relación con la cantidad de individuos existentes por cuadrante.
- Se hace estrictamente necesario que se desarrollen más trabajos que logren estimar la capacidad de captura de carbono de todos los árboles presentes en los ecosistemas de la ciudad, esto facilitará el planteamiento de decisiones y medidas de protección.

Referencias Bibliográficas

- Acero Duarte, L. E. (2007). *Plantas Útiles de la cuenca del Orinoco*. BP Exploration Company.
- Banco Mundial; Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2014). *Desarrollo Bajo en Carbono para Colombia*. Banco Mundial. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/Desarrollo%20Bajo%20En%20Carbono%20Para%20Colombia.pdf>
- Beuchot, M. (2004). *Introducción a la filosofía de santo Tomás de Aquino*. Editorial San Esteban.
- Burbano Giron, J., Molina Berbeo, M. A., Gutiérrez Montoya, C., Ayazo Toscano, R., César, C. H., & Ochoa Quintero, J. M. (09 de septiembre de 2020). *Estado de conservación y transformación de los humedales en Colombia*. <http://reporte.humboldt.org.co/assets/docs/2020/1/102/reporte-bio-2020-20-09-2021-102.pdf>
- Calle Z, & Murgueitio E. (2020). *Árboles nativos para predios ganaderos. Especies focales del Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible 346p*. Ingeniería Gráfica S.A.
- Convención de Ramsar sobre los Humedales. (2018). *Perspectiva Mundial Sobre los Humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas 2018*. Secretaría de la Convención de Ramsar. https://www.ramsar.org/sites/default/files/flipbooks/ramsar_gwo_spanish_web.pdf
- Convención sobre los Humedales. (4 de julio de 2012). Resolución XI.11, 2012. *Principios para la planificación y el manejo de los humedales urbanos y periurbanos*. 11ª Reunión de la Conferencia de las Partes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/guide/guide-urban-sp.pdf>
- Cormacarena. (06 de 07 de 2011). *cormacarena.gov.co/normatividad/acuerdo-no-psgj1242211011*. [cormacarena.gov.co/normatividad/acuerdo-no-psgj1242211011](https://www.cormacarena.gov.co/normatividad/acuerdo-no-psgj1242211011): <https://www.cormacarena.gov.co/normatividad/acuerdo-no-psgj1242211011>
- Cormacarena. (2014). *Áreas protegidas en el Departamento del Meta*. Villavicencio: Cormacarena. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj6ua256LKBAxV_JEQIHZL2BncQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.cormacarena.gov.co%2Fnormatividad%2Fareas-protegidas-en-el-departamento-del-meta

- 2F%2Fwww.turismovillavicencio.gov.co%2Fsite%2Fdocs%2FAreas%2520Protegidas%2520en%2520el%2520Departamento%2520del%252
- Diaz Camacho, P. J. (2017). *Universitatem Facientes. Pensar la universidad en perspectiva dominicana*. Ediciones usta. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/29092>
- Elias, M., & Potvin, C. (2003). Assessing inter- and intra-specific variation in trunk carbon concentration for 32 neotropical tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(6), 1039-1045. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1139/x03-018>
- Garzon Cadena, M. J. (2021). Análisis del estado socio ambiental de los humedales en el perímetro urbano de la ciudad de Villavicencio-Meta(Tesis de Grado). [*Trabajode grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)*]. Repositorio. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/47638>
- Gayoso, J., & Guerra, J. (2005). Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 26(2), 33-38. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002005000200005>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2020). *El cambio climático y la tierra*. Ginebra: IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_es.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2022). *Sexto informe de evaluación del IPCC: Cambio Climático 2022*. Cambridge: ONU. [un.org: https://www.unep.org/es/resources/informe/sexto-informe-de-evaluacion-del-ipcc-cambio-climatico-2022](https://www.unep.org/es/resources/informe/sexto-informe-de-evaluacion-del-ipcc-cambio-climatico-2022)
- Hernández, M. E. (2010). Suelos de Humedales Como Sumideros de Carbono y Fuentes de Metano. *Tierra Latinoamerica*, 28(2), 139-147. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000200005
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2011). *Protocolo para la estimacion nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia*. Bogota-Colombia: Editorial Scripto. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjKzOiZ7rKBaxUYIWofHRujAlMQFnoECBAQAQ&url=http%3A%](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjKzOiZ7rKBaxUYIWofHRujAlMQFnoECBAQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.turismovillavicencio.gov.co%2Fsite%2Fdocs%2FAreas%2520Protegidas%2520en%2520el%2520Departamento%2520del%252)

- 2F%2Fwww.ideam.gov.co%2Fdocuments%2F13257%2F13548%2FProtocolo%2Bpara%2Bla%2Bestimaci%25C3%25B3n%2Bnacional%2BBy%2Bsubn
- MacDicken, K. (1997). *A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development. https://www.researchgate.net/publication/237434580_A_Guide_to_Monitoring_Carbon_Storage_in_Forestry_and_Agroforestry_Projects
- Ministerio de Medio Ambiente. (2001). *Política Nacional Para Humedales Interiores de Colombia*. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/E4CF58587AEF774A05257CED00769466/\\$FILE/PoliticaNacionalHumedales_int_Colombia.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/E4CF58587AEF774A05257CED00769466/$FILE/PoliticaNacionalHumedales_int_Colombia.pdf)
- ONU Habitat. (02 de Febrero de 2018). Los humedales urbanos: terrenos valiosos, no terrenos baldíos. Ramsar. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/wwd18_handouts_spanish.pdf
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012). *Del trabajo de campo a la predicción*. <https://www.fao.org/3/i3058s/i3058s.pdf>
- Ponce de León, E. (Abril de 2004). *Humedales. Designación de sitios Ramsar en territorios de Grupos étnicos en Colombia*. WWF Colombia. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/020783/ramsarhumedales.pdf>
- Presidencia de la República de Colombia. (01 de julio de 2010). Decreto 2372 de 2010. *Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No.47.757. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39961>
- Rodríguez Santos, N. (2013). *Guía para la cuantificación de biomasa y carbono forestal generación de modelos y uso de herramientas para su estimación*. Corporación Autónoma

- Regional de Cundinamarca (CAR).
<https://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/37642#page=1>
- Samaniego, J. L., Lorenzo, S., Rodón, T. E., Krieger Merico, L. F., Herrera Jiménez, J., Rouse, P., & Harrison, N. (2022). *Soluciones basadas en la naturaleza y remocion de dióxido de carbono*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/dc05a58c-c66e-4e23-bf05-591eef955f91/content>
- Solano, D. J., Mora Delgado, J., & Duque, G. (2019). Ecuaciones alométricas para la estimación de la captura de carbono almacenado en árboles. *Revista Agroforestería Neotropical*, 1(9), 5-24. <https://revistas.ut.edu.co/index.php/agroforesteria/article/view/2332>
- Uribe Botero, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la Biodiversidad en America Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/39855-cambio-climatico-sus-efectos-la-biodiversidad-america-latina>
- Worboys, G. L., Lockwood, M., Kothari, A., Feary, S., & Pulsford, I. (2019). *Gobernanza Y Gestión de Áreas Protegidas*. Universidad el Bosque y ANU Press.
<https://doi.org/http://doi.org/10.22459/GGAP.2019>
- Yepes Quintero, A. P., Pillhps Bernal, J. F., Duque Montoya, Á. J., Cabrera Torres, K. R., García Dávila, M. C., Navarrete Encinales, D. A., . . . Ordoñez Castro, M. F. (2011). *Protocolo para la estimacion nacional y subnacional de biomasa carbono en Colombia*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, IDEAM.

Anexos

Anexo A Tabla, Valores de Diámetro, Altura y captura de carbono Individual.

	Arbol	Diámetro Obtenido cm	Valor Diámetro por factor de correccion	Altura m	Densidad	BA Kg
Cuadrante 1	1a1	43	13	15	0,447	60,61
	1a2	31,8	10	9,8	0,447	25,00
	1a3	37	11	18	0,447	52,62
	1a4	42	13	12,5	0,447	51,14
	1a5	38,7	12	16,4	0,447	56,74
Cuadrante 2	2a1	65	20	17,7	0,447	157,87
	2a2	32	10	16	0,447	39,47
	2a3	51	16	13,4	0,447	80,35
	2a4	33	10	10	0,447	25,47
Cuadrante 3	3a1	35	11	12,5	0,447	37,46
	3a2	44	14	14	0,447	65,26
	3a3	45	14	18	0,447	82,48
	3a4	35	11	14,9	0,447	44,12
	3a5	57	18	19	0,447	138,58
	3a6	42	13	11,3	0,447	46,55
Cuadrante 4	4a1	41,2	13	13,5	0,447	54,94
	4a2	37	11	13	0,447	38,85
	4a3	34	10	16,3	0,447	40,16
	4a4	37	11	10,4	0,447	31,56
Cuadrante 5	5a1	58,3	18	15,2	0,447	112,56
	5a2	61	19	17	0,447	138,18
	5a3	43,5	13	13	0,447	53,05
	5a4	40	12	19,6	0,447	66,99
	5a5	47	14	18,2	0,447	83,34
	5a6	33	10	12,5	0,447	31,36
	5a7	52,7	16	15	0,447	89,26
Cuadrante 6	6a1	63,5	20	20	0,447	176,91
	6a2	48,3	15	19	0,447	98,65
	6a3	54	17	17,5	0,447	115,38
	6a4	44,6	14	16,3	0,447	75,20
	6a5	38,7	12	11,7	0,447	41,42
	6a6	36,6	11	18,6	0,447	54,25
	6a7	58,8	18	17,5	0,447	128,35
	6a8	56,9	18	16,7	0,447	122,88
Cuadrante 7	7a1	55	17	17	0,447	112,31
	7a2	48	15	14	0,447	74,21
	7a3	62	19	19	0,447	153,27
	7a4	57,8	18	17	0,447	124,93
	7a5	43,6	13	14,8	0,447	59,86
	7a6	39,7	12	13,3	0,447	46,68

continuación.

Cuadrante 8	8a1	62,3	19	19	0,447	153,27
	8a2	55,4	17	16,7	0,447	110,46
	8a3	48,6	15	14,5	0,447	76,68
	8a4	64	20	19,5	0,447	172,78
	8a5	49,5	15	18,6	0,447	96,71
	8a6	57,7	18	14	0,447	104,25
	8a7	58	18	16,3	0,447	120,13
	8a8	39	12	11	0,447	39,11
	8a9	48,8	15	14,7	0,447	77,67
Cuadrante 9	9a1	63	20	20	0,447	176,91
	9a2	59	18	17,4	0,447	127,67
	9a3	68	21	21	0,447	202,76
	9a4	47,3	15	16	0,447	84,05
	9a5	54,6	17	14,3	0,447	95,59
	9a6	71	22	22	0,447	230,93
	9a7	58,6	18	16	0,447	118,07
	9a8	70	22	21	0,447	221,13
Cuadrante 10	10a1	39	12	13	0,447	45,69
	10a2	48	15	15	0,447	79,14
	10a3	56,7	18	17	0,447	124,93
	10a4	73	23	21	0,447	240,23
	10a5	60	19	19	0,447	153,27
	10a6	44	14	14,5	0,447	67,43
	10a7	48,7	15	14,8	0,447	78,16
	PROMEDIO	49,50	15,31	15,95	0,447	95,08

Anexo B, Tablas Coordenadas de cada uno de los árboles encontrados en cada cuadrante. Coordenadas Ubicación, Diámetro y Altura arboles Cuadrante 1.

cuadrante 1				
Árbol	latitud	longitud	Diámetro cm	Altura m
1	4.122.425.929	-73.615.726.546	43	15
2	4.122.412.552	-73.615.667.537	31,8	9,8
3	4.122.308.217	-73.615.750.686	37	18
4	4.122.356.372	-73.615.697.041	42	12,5
5	4.122.340.320	-73.615.646.079	38,7	16,4

Coordenadas Ubicación, Diámetro y Altura arboles Cuadrante 2.

cuadrante 2				
Árbol	latitud	longitud	Diámetro cm	Altura m
1	4.122.771.040	-73.614.900.425	65	17,7
2	4.122.821.870	-73.614.892.379	32	16
3	4.122.912.829	-73.614.849.463	51	13,4
4	4.122.816.519	-73.614.822.641	33	10

Coordenadas Ubicación, Diámetro y Altura arboles Cuadrante 3.

cuadrante 3				
Árbol	latitud	Longitud	Diámetro cm	Altura m
1	4.123.265.965	-73.615.351.035	35	12,5
2	4.123.284.692	-73.615.246.428	44	14
3	4.123.217.811	-73.615.275.933	45	18
4	4.123.188.383	-73.615.332.259	35	14,9
5	4.123.158.955	-73.615.262.522	57	19
6	4.123.108.125	-73.615.340.306	42	11,3

Coordenadas Ubicación, Diámetro y Altura arboles Cuadrante 4.

cuadrante 4				
Árbol	Latitud	Longitud	Diámetro cm	Altura m
1	4.123.629.812	-73.615.611.208	41,2	13,5
2	4.123.653.889	-73.615.525.377	37	13
3	4.123.576.306	-73.615.557.564	34	16,3
4	4.123.525.476	-73.615.509.284	37	10,4

Coordenadas Ubicación, Diámetro y Altura arboles Cuadrante 5.

Cuadrante 5				
Árbol	Latitud	Longitud	Diámetro cm	Altura m
1	4.123.471.971	-73.614.693.892	58,3	15,2
2	4.123.442.543	-73.614.734.125	61	17
3	4.123.402.414	-73.614.696.575	43,5	13
4	4.123.421.141	-73.614.801.181	40	19,6
5	4.123.346.234	-73.614.803.863	47	18,2
6	4.123.300.754	-73.614.766.312	33	12,5
7	4.123.306.105	-73.614.691.210	52,7	15

Coordenadas Ubicación, Diámetro y Altura arboles Cuadrante 6.

Cuadrante 6				
Árbol	Latitud	Longitud	Diámetro cm	Altura m
1	4.123.329.517	-73.614.275.474	63,5	20
2	4.123.349.581	-73.614.176.232	48,3	19
3	4.123.308.114	-73.614.203.054	54	17,5
4	4.123.267.985	-73.614.251.334	44,6	16,3
5	4.123.229.194	-73.614.169.527	38,7	11,7
6	4.123.183.715	-73.614.180.255	36,6	18,6
7	4.123.155.624	-73.614.217.806	58,8	17,5
8	4.123.150.274	-73.614.287.544	56,9	16,7

Coordenadas Ubicación, Diámetro y Altura arboles Cuadrante 7.

Cuadrante 7				
Árbol	Latitud	Longitud	Diámetro cm	Altura m
1	4.123.779.631	-73.614.122.587	55	17
2	4.123.742.177	-73.614.176.231	48	14
3	4.123.685.996	-73.614.184.278	62	19
4	4.123.651.218	-73.614.109.176	57,8	17
5	4.123.627.141	-73.614.152.091	43,6	14,8
6	4.123.589.687	-73.614.109.176	39,7	13,3

Coordenadas Ubicación, Diámetro y Altura arboles Cuadrante 8.

Cuadrante 8				
Árbol	Latitud	Longitud	Diámetro cm	Altura m
1	4.123.461.274	-73.613.739.031	62,3	19
2	412.346.394	-73.613.663.929	55,4	16,7
3	4.123.402.418	-73.613.768.535	48,6	14,5
4	4.123.402.418	-73.613.690.751	64	19,5
5	4.123.351.588	-73.613.658.565	49,5	18,6
6	4.123.346.238	-73.613.717.573	57,7	14
7	4.123.314.134	-73.613.763.171	58	16,3
8	4.123.303.433	-73.613.714.891	39	11
9	4.123.306.109	-73.613.669.294	48,8	14,7

Coordenadas Ubicación, Diámetro y Altura arboles Cuadrante 9.

Cuadrante 9				
Árbol	Latitud	Longitud	Diámetro cm	Altura m
1	4.123.887.951	-73.613.398.393	63	20
2	4.123.895.977	-73.613.334.020	59	17,4
3	4.123.855.848	-73.613.366.207	68	21
4	4.123.826.420	-73.613.304.516	47,3	16
5	4.123.802.342	-73.613.355.478	54,6	14,3
6	4.123.767.564	-73.613.307.198	71	22
7	4.123.738.136	-73.613.355.478	58,6	16
8	4.123.732.785	-73.613.409.122	70	21

Coordenadas ubicación, Diámetro y Altura arboles Cuadrante 10.

Cuadrante 10				
Árbol	Latitud	Longitud	Diámetro cm	Altura m
1	4.124.275.280	-73.613.519.692	39	13
2	4.124.256.553	-73.613.460.684	48	15
3	4.124.237.826	-73.613.543.832	56,7	17
4	4.124.200.372	-73.613.452.637	73	21
5	4.124.181.645	-73.613.506.281	60	19
6	4.124.138.841	-73.613.508.964	44	14,5
7	4.124.144.192	-73.613.471.413	48,7	14,8