

**CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DE CARBONO CAPTURADO POR LAS
ESPECIES FORESTALES PRESENTES EN LA ESCUELA AMBIENTAL DEL
CESAR UBICADA EN LA CABECERA MUNICIPAL DE VALLEDUPAR.**



AUTORES:

CAMILO ANDRÉS HERRERA SANTIAGO

ANDRÉS FELIPE HINOJOSA LOZANO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR

2026

**CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DE CARBONO CAPTURADO POR LAS
ESPECIES FORESTALES PRESENTES EN LA ESCUELA AMBIENTAL DEL
CESAR UBICADA EN LA CABECERA MUNICIPAL DE VALLEDUPAR.**

AUTORES:

CAMILO ANDRÉS HERRERA SANTIAGO
ANDRÉS FELIPE HINOJOSA LOZANO

DIRECTOR

MSc. KARINA PAOLA TORRES CERVERA

CO DIRECTORA

Ing. MAYRA ALEJANDRA MARTINEZ VILLALOBOS

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR

2026

RESUMEN

La presente tesis, titulada "CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DE CARBONO CAPTURADO POR LAS ESPECIES FORESTALES PRESENTES EN LA ESCUELA AMBIENTAL DEL CESAR UBICADA EN LA CABECERA MUNICIPAL DE VALLEDUPAR", tiene como objetivo principal calcular la absorción de carbono por parte de las especies forestales presentes en la escuela ambiental del Cesar, ubicada en la cabecera municipal de Valledupar. Se llevó a cabo un inventario forestal para registrar su biodiversidad, incluyendo cada individuo forestal con su nombre común y científico. Además, se elaboraron modelos alométricos utilizando variables como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total y la forma del tronco, lo que permitió determinar la biomasa de las especies forestales inventariadas. Esto nos permitió calcular la captura de CO₂ de cada especie. Asimismo, se georreferenció cada uno de los individuos para facilitar su ubicación espacial.

El análisis de los datos recogidos en campo nos proporcionó una biomasa estimada de la escuela ambiental de 1.544.858.956,30 kg, lo que tiene una capacidad para absorber 2.106.804,49 toneladas de CO₂. En el caso del análisis de laboratorio a las muestras obtenidas en campo los resultados fueron de 248,535 g para la biomasa y 411,027 g para el CO₂ almacenado en las muestras. Estos resultados ofrecen información esencial para la toma de decisiones y la implementación de acciones preventivas y correctivas destinadas a mantener y proteger las especies forestales presentes en la Escuela Ambiental del Cesar.

Asimismo, se formularon acciones preventivas y correctivas para preservar los recursos forestales de la Escuela Ambiental del Cesar, con el objetivo de conservar estos recursos, como también mitigar cualquier efecto adverso a la diversidad de especies presentes en la zona. En las acciones preventivas establecimos planes como, educación ambiental, monitoreo y seguimiento, restauración de hábitats y protección de especies en peligro, y en las acciones correctivas proporcionamos planes como, crear programas de reforestación comunitaria, promover el turismo sostenible y establecer fonde de conservación.

También se realizó un taller en base a información referente a la absorción y almacenamiento de CO₂ a los visitantes de la escuela con el fin de concientizar a la comunidad del importante papel que cumple las eslos visitantes estales a la hora de hacer frente a los gases

de efecto invernadero como lo es el CO₂, los resultados del taller fueron satisfactorios, ya que a pesar de que se estableció un rango de puntuación de 0-100, 70 y 80 fueron los puntajes mas bajos, y la mayoría de visitantes tuvo una puntuación de 90 y 100, con un porcentaje 42,85% de visitantes con una puntuación de 100 y un 30,95% los visitantes con una puntuación de 90.

Por último, la actividad de sensibilización fue diseñada para aquellos futuros visitantes de la escuela, con el objetivo de que adquieran conocimiento de estos servicios ambientales que proporcionan las especies forestales, siendo una actividad dinámica y una metodología diferente, consiste en un juego llamado “Captura el Carbono”, donde se tomaron las 8 especies mas representativas en el almacenamiento de CO₂, los cuales son, Carbonero (Calliandra Medellinensis), Roble (Tabebuia Rosea), Ceiba Bonga (Ceiba Pentandra), Mango (Mangifera Indica), Orejero (Enterolobium ciclocarpum), Camajón (Sterculia apetala), Guásimo (Guazuma ulmifolia) y Caracolí (Anacardium excelsum), donde los visitantes buscaran un individuo específico de cada especie para conocer la cantidad de CO₂ que hay almacenado en cada uno.

Palabras clave: Biodiversidad, Biomasa, Captura de Carbono, Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), Dióxido de Carbono (CO₂), Georreferenciación.



ABSTRACT

The present thesis, entitled “CALCULATION OF THE CARBON ABSORPTION CAPTURED BY THE FORESTRY SPECIES PRESENT IN THE ENVIRONMENTAL SCHOOL OF CESAR LOCATED IN THE MUNICIPAL HEADQUARTERS OF VALLEDUPAR”, has as its main objective to calculate the carbon absorption by the native species present in the environmental school of Cesar, located in the municipal head of Valledupar. A forest inventory was carried out to record its biodiversity, including each forest individual with its common and scientific name. In addition, allometric models were developed using variables such as diameter at breast height (DBH), total height and trunk shape, which allowed us to determine the biomass of the inventoried forest species. This allowed us to calculate the CO₂ capture of each species. In addition, each individual was georeferenced to facilitate its spatial location.

The analysis of the data collected in the field gave us an estimated biomass of the environmental school of 1.544.858.956,30 kg, which has a capacity to absorb 2.106.804,49 tons of CO₂. In the case of laboratory analysis of the samples obtained in the field, the results were 248.535 g for biomass and 411.027 g for CO₂ stored in the samples. These results provide essential information for decision making and the implementation of preventive and corrective actions aimed at maintaining and protecting the forest species present in the Escuela Ambiental del Cesar.

Finally, preventive and corrective actions were formulated for the forest resources of the Escuela Ambiental del Cesar, with the objective of conserving these resources as well as mitigating any adverse effects on the diversity of species present in the area. In the preventive actions we established plans such as environmental education, monitoring and follow-up, habitat restoration and protection of endangered species, and in the corrective actions we provided plans such as creating community reforestation programs, promoting sustainable tourism and establishing conservation funds.

A workshop on CO₂ absorption and storage information was also conducted for visitors to the school in order to make the community aware of the important role that forest species play in addressing greenhouse gases such as CO₂. The results of the workshop were satisfactory, because although a score range of 0-100 was established, 70 and 80 were the

lowest scores, and the majority of visitors had a score of 90 and 100, with a percentage of 42.85% of visitors with a score of 100 and 30.95% of visitors with a score of 90.

*The last awareness activity was designed for future visitors to the school, with the aim of acquiring knowledge of these environmental services provided by forest species, being a dynamic activity and a different methodology, consists of a game called “Capture the Carbon”, where the 8 most representative species in CO₂ storage were taken, which are, Carbonero (*Calliandra Medellinensis*), Oak (*Tabebuia Rosea*), Ceiba Bonga (*Ceiba Pentandra*), Mango (*Mangifera Indica*), Orejero (*Enterolobium ciclocarpum*), Camajón (*Sterculia apetala*), Guásimo (*Guazuma ulmifolia*) and Caracolí (*Anacardium excelsum*), where visitors will look for a specific individual of each species to know the amount of CO₂ that is stored in each one.*

Key words: *Biodiversity, Biomass, Carbon Sequestration, Diameter at Breast Height (DBH), Carbon Dioxide (CO₂), Georeferencing.*

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCIÓN	7
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	11
3. OBJETIVOS.....	13
3.1. GENERAL.....	13
3.2. ESPECÍFICOS.....	13
4. MARCO REFERENCIAL.....	14
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
4.2. MARCO TEÓRICO.....	17
4.2.1 <i>INVENTARIO FORESTAL</i>	<i>17</i>
4.2.2 <i>LIBRO ROJO DE PLANTAS DE COLOMBIA – ESPECIES MADERABLES</i>	
<i>AMENAZADAS.....</i>	<i>20</i>
4.2.3 <i>GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI).....</i>	<i>21</i>
4.2.4 <i>DIOXIDO DE CARBONO (CO₂).....</i>	<i>21</i>
4.2.5 <i>CARBONO.....</i>	<i>22</i>
4.3. MARCO CONCEPTUAL	22
4.4. MARCO CONTEXTUAL.....	24
4.5. MARCO LEGAL.....	25
4.6. MARCO INSTITUCIONAL.....	28
4.1.2 <i>ESCUELA AMBIENTAL DEL CESAR</i>	<i>28</i>
5. MARCO METODOLÓGICO	33

5.1.	LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN	33
5.2.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	33
5.3.	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	33
5.4.	POBLACIÓN DE ESTUDIO	34
5.5.	MUESTRA POBLACIONAL	34
5.6.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	34
5.7.	ESTRATEGIA Y DESARROLLO METODOLÓGICO	35
	5.7.1 ETAPA 1: CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES FORESTALES DE LA ESCUELA AMBIENTAL DEL CESAR POR MEDIO DE UN INVENTARIO FORESTAL.	35
	5.7.2 ETAPA 2: DETERMINAR LA CANTIDAD DE CO ₂ ABSORBIDO POR LOS RECURSOS FORESTALES DE LA ESCUELA AMBIENTAL DEL CESAR.....	38
	5.7.3 ETAPA 3: FORMULAR ACCIONES DE CONSERVACIÓN DEL RECURSO FORESTAL.	43
6.	RESULTADOS Y ANALISIS.....	44
	6.1. ETAPA 1: CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES FORESTALES DE LA ESCUELA AMBIENTAL DEL CESAR POR MEDIO DE UN INVENTARIO FORESTAL.	44
	6.1.1. Actividad 1.1: Georreferenciar los recursos forestales ubicados en la Escuela Ambiental del Cesar.....	44
	6.1.2. Actividad 1.2 Recolectar la información mediante el método Gentry (1982). 83	
	6.1.3. Actividad 1.3: Realizar un listado de identificación de las especies forestales de la Escuela Ambiental del Cesar.	117
	6.2 ETAPA 2: DETERMINAR LA CANTIDAD DE CO ₂ ABSORBIDO POR LOS RECURSOS FORESTALES DE LA ESCUELA AMBIENTAL DEL CESAR	125
	6.2.1. Actividad 2.1: Toma de muestra de material vegetal en la zona de estudio.	125
	6.2.2 Actividad 2.2: Análisis de carbono en laboratorio.....	126
	Actividad 2.3 Estimación de la captura de CO ₂ por el método no destructivo de ecuaciones alométricas.....	140

6.3 ETAPA 3: FORMULAR ACCIONES DE CONSERVACIÓN DEL RECURSO FORESTAL.	151
6.3.1. <i>Actividad 3.1: Implementación de actividades preventivas y correctivas basadas en los resultados obtenidos.</i>	151
6.3.2 <i>Actividad 3.2: Sensibilización a la comunidad visitante</i>	161
7. CONCLUSIONES	173
8. RECOMENDACIONES	176
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	178
10. ANEXO	184
10.1 ANEXO 1. HERRAMIENTA USADA EN CAMPO PARA TOMA DE COORDENADAS	184
10.2 ANEXO 2. FORMATO USADO PARA LA TOMA DE DATOS EN CAMPO	184
10.3 ANEXO 3. EQUIPOS USADOS EN EL LABORATORIO.....	185
10.4 ANEXO 4. TALLER REALIZADO A LOS VISITANTES	185



Lista de ilustraciones

	Pág.
<i>Ilustración 1. Diferencia entre el DAP y CAP.....</i>	18
<i>Ilustración 2. Alturas del Árbol.</i>	18
<i>Ilustración 3. Procedimiento para aplicar las categorías de la UICN</i>	20
<i>Ilustración 4. Ubicación Espacial del Municipio De Valledupar.</i>	24
<i>Ilustración 5. Ubicación Espacial de la Escuela Ambiental del Cesar en la Cabecera Municipal de Valledupar.....</i>	24
<i>Ilustración 6. Logo de la Escuela Ambiental del Cesar.</i>	30
<i>Ilustración 7. Factor de forma.....</i>	40
<i>Ilustración 8. Ubicación Espacial de los Recursos Forestales en la Escuela Ambiental del Cesar.....</i>	82
<i>Ilustración 9. Medición de la Circunferencia a la Altura del Pecho.....</i>	83
<i>Ilustración 10. Hidratación de las muestras.....</i>	126
<i>Ilustración 11. Muestras tomadas en campo presentes en el laboratorio.</i>	127
<i>Ilustración 12. Medición del peso en la balanza analítica.</i>	127
<i>Ilustración 13. Secado de muestras.</i>	128
<i>Ilustración 14. Mapa Juego Captura el Carbono de la Especie Carbonero.....</i>	164
<i>Ilustración 15. Mapa Juego Captura el Carbono de la Especie Roble</i>	165
<i>Ilustración 16. Mapa Juego Captura el Carbono de la Especie Ceiba Bonga</i>	167
<i>Ilustración 17. Mapa Juego Captura el Carbono de la Especie Mango</i>	168
<i>Ilustración 18. Mapa Juego Captura el Carbono de la Especie Orejero.....</i>	168
<i>Ilustración 19. Mapa Juego Captura el Carbono de la Especie Camajón.....</i>	169
<i>Ilustración 20. Mapa Juego Captura el Carbono de la Especie Guásimo</i>	171
<i>Ilustración 21. Mapa Juego Captura el Carbono de la Especie Caracolí</i>	172
<i>Ilustración 22. Anexo 1 GPS.....</i>	184
<i>Ilustración 23. Formato usado para la toma de datos en campo.</i>	184
<i>Ilustración 24. Equipos usados en el laboratorio.....</i>	185
<i>Ilustración 25. Taller realizado a los visitantes.</i>	186

Lista de ecuaciones

	Pág.
<i>Ecuación 1. Ecuación DAP.....</i>	35
<i>Ecuación 2. Ecuación del AB.....</i>	36
<i>Ecuación 3. Frecuencia absoluta</i>	36
<i>Ecuación 4. Frecuencia relativa.....</i>	36
<i>Ecuación 5. Densidad absoluta</i>	37
<i>Ecuación 6. Densidad relativa.....</i>	37
<i>Ecuación 7. Dominancia relativa</i>	37
<i>Ecuación 8. Índice de valor de importancia</i>	38
<i>Ecuación 9. Ecuación del Volumen del arbol.....</i>	39
<i>Ecuación 10. Ecuación de la Biomasa verde aérea</i>	40
<i>Ecuación 11. Ecuación de la Biomasa verde total.</i>	41
<i>Ecuación 12. Ecuación Biomasa en peso seco</i>	41
<i>Ecuación 13. Ecuación Carbono aéreo total.....</i>	41
<i>Ecuación 14. Carbono radicular</i>	42
<i>Ecuación 15. Carbono total.....</i>	42
<i>Ecuación 16. Dióxido de carbono capturado</i>	42
<i>Ecuación 17. Porcentaje del Contenido de Humedad.....</i>	134
<i>Ecuación 18. Cálculo de la Biomasa</i>	134
<i>Ecuación 19. Materia Orgánica</i>	137
<i>Ecuación 20. Carbono</i>	137
<i>Ecuación 21. Cálculo del Dióxido de Carbono</i>	138

Lista de tablas

	Pág.
<i>Tabla 1: Aspectos legales</i>	25
<i>Tabla 2. Coordenadas de los Recursos Forestales.....</i>	44
<i>Tabla 3. Datos de Campo</i>	84
<i>Tabla 4. Especies y Familias Identificadas</i>	117
<i>Tabla 5. Frecuencia, Dominancia e Índice de Valor e Importancia.....</i>	120

<i>Tabla 6. Estado de las Especies Identificadas segun UICN</i>	122
<i>Tabla 7. Peso Humedo y Peso Seco</i>	129
<i>Tabla 8. Peso Antes de Calcinar y Peso Calcinado</i>	131
<i>Tabla 9. Contenido de Humedad y Biomasa</i>	134
<i>Tabla 10. Dióxido de Carbono Almacenado en las Muestras</i>	138
<i>Tabla 11. Volumen Total y Biomasa Forestal Total</i>	142
<i>Tabla 12. Cantidad de Carbono Total y Dióxido de Carbono Capturado</i>	147
<i>Tabla 13. Plan de Educación ambiental.</i>	151
<i>Tabla 14. Plan de Monitoreo y Seguimiento.</i>	153
<i>Tabla 15. Plan de Restauración de Hábitats.</i>	154
<i>Tabla 16. Plan de Protección de Especies en Peligro.</i>	155
<i>Tabla 17. Plan de Crear Programas de Reforestación Comunitaria.</i>	157
<i>Tabla 18. Plan de Promover el Turismo Sostenible.</i>	158
<i>Tabla 19. Plan de Establecer un Fonde de Conservación.</i>	160
<i>Tabla 20. Resultados del Taller a Visitantes</i>	162



7. CONCLUSIONES

En esta investigación el inventario forestal, se realizó de forma cuidadosa a la totalidad del área de la Escuela Ambiental del Cesar, mediante métodos bien estructurados que nos permitió caracterizar las diferentes especies presentes en la Escuela Ambiental del Cesar, permitió la identificación y georreferenciación de los individuos forestales, estableciendo una base de datos robusta para la gestión y monitoreo de la biodiversidad. Este inventario forestal es un insumo fundamental para futuras estrategias de conservación y manejo sostenible del ecosistema.

La asignación de coordenadas a cada individuo arbóreo facilitó la creación de un mapa detallado de la distribución espacial de las especies, lo que optimiza su seguimiento y conservación de todas las especies presentes, aunque a pesar del uso de un GPS (GARMIN GPSMAP 64x), aunque se presentó un margen de error en las coordenadas como se puede apreciar en el mapa realizado.

En la recolección de datos, aunque se realizó el inventario al 100% por la reducción del área de la escuela, esto permitió una recolección sistemática de datos alométricos, proporcionando información precisa sobre la estructura y composición de las especies forestales en la Escuela Ambiental del Cesar.

La identificación y clasificación de los árboles por nombre común y científico permitió evaluar la biodiversidad presente en el área de estudio la cual dio como resultado 814 individuos dividido en 73 especies diferente, esto nos muestra la variedad de especies forestales ubicadas en la Escuela Ambiental, también pudimos conocer su posible estado de conservación según la lista roja, de los cuales 7 especies no son aplicable, 2 especies no cuentan con datos suficiente, 56 se encuentran en la categoría preocupación menor, 1 especie presenta riesgo menor, 1 especie esta casi amenazada, 3 especies están en la categoría vulnerable y 3 especies se encuentran en peligro, esto es de mucha importancia ya que en base a esto, podremos tomar las medidas necesarias para hacerle frente a estos riesgos presentes en las especies forestales.

La cuantificación de la captura de carbono por las especies forestales evidenció la función esencial que cumplen los árboles en la reducción de CO₂ atmosférico. Se estimó que

la biomasa total de la escuela ambiental es de 1.544.858.956,30 kg, con una capacidad de absorción de 2.106.804,49 toneladas de CO₂, lo que reafirma la necesidad de implementar estrategias de conservación y aprovechamiento sostenible de estos recursos. La recolección de hojarasca, hojas y corteza permitió un análisis representativo del contenido de carbono en los diferentes componentes de la biomasa. Se verificó la cantidad de carbono presente en el material recolectado, lo que permitió obtener datos precisos sobre la biomasa forestal de la zona de estudio, siendo la biomasa de las muestras 248,535 g y el CO₂ Almacenado en todas las muestras 411,027 g.

A través del uso de ecuaciones alométricas, se obtuvo una estimación precisa de la cantidad de CO₂ absorbido, proporcionando un valor cuantificable del servicio ecosistémico que prestan estos árboles.

Adicionalmente, Se formularon acciones de recuperación específicas para el Bosque en la Escuela Ambiental del Cesar, con el propósito de preservar el ecosistema y mitigar los impactos negativos en la diversidad y la integridad de las especies forestales y su hábitat. Estas acciones, que combinan prevención, restauración y manejo sostenible, buscan asegurar la resiliencia y el equilibrio del ecosistema a largo plazo.

En las actividades de sensibilización, al proporcionar información referente a la captura y almacenamiento del CO₂, y el taller realizado a los visitantes de la Escuela Ambiental, los resultados de esta actividad reflejan un impacto positivo con respecto a lo valiosos que son los recursos forestales para mitigar el cambio climático, como se observó la mayoría de los participantes obtuvo una puntuación de 100, siendo el 42,85% en obtener una puntuación máxima y el 30,95% obtuvo una puntuación de 90. Lo que indica que la metodología aplicada, fue efectiva a la hora de dar a conocer acerca de la absorción y almacenamiento de carbono de los recursos forestales.

Aunque se considero un rango de 0-100, los puntajes mas bajos fueron de 70 y 80 puntos, lo que nos dio a entender, que se requiere fortalecer las metodologías de sensibilización, aplicando estrategias mas interactivas y acondicionar a distintos modelos de aprendizaje.

También se brindó una actividad para aquellos visitantes futuros de la escuela, con la finalidad de que estos también, conozcan estos conceptos fundamentales sobre los servicios ecosistémicos que aporta la escuela como es la absorción y almacenamiento de CO₂, la metodología de implementación de esta actividad es más dinámica, con el fin de aplicar métodos más interactivos con los visitantes y atractivos para los visitantes menores que son los niños.



8. RECOMENDACIONES

En esta investigación los análisis y evaluaciones realizadas fueron efectivas para llevar a cabo los objetivos propuestos, con el fin de conocer la absorción de CO₂ en los recursos forestales de la Escuela Ambiental, además de la diversidad de especies que se encuentran en esa zona y el papel que cumple cada una a la hora de almacenar carbono, no obstante, hay diferentes metodologías que pueden mejorar y aportar a esta investigación, es por esto que el objetivo de este capítulo es plantear recomendaciones con el fin de mejorar las estrategias a realizar para futuras investigaciones, y así dar a conocer la importancia de estos recursos forestales.

Optimizar la metodología aplicada: A la hora de tomar los datos de campo, sería de gran importancia complementar el uso de las ecuaciones alométricas con mediciones directas no destructivas, como, por ejemplo, el uso de sensores remotos o escaneos LIDAR.

Monitorear continuamente: Se recomienda que se implemente un programa de monitoreo a largo plazo, con la finalidad de evaluar cómo evoluciona la captura de carbono en las diferentes especies y cómo se relaciona con otras variables como la temperatura y la humedad.

Uso de tecnologías emergentes: Se recomienda el uso de herramientas tecnológicas, como lo es Sistema de Información Geográfica (SIG) y modelado forestal, esto complementará los métodos aplicados, y de esta forma la estructura del bosque se podrá interpretar de una forma más exhaustiva y mejora la precisión de los datos obtenidos.

Participación comunitaria: Aunque los visitantes de la escuela participaron en esta investigación, se recomienda que la comunidad de la escuela se siga involucrando en actividades de sensibilización sobre la absorción del CO₂ y de que forma impacta al cambio climático.

Considerar variables adicionales: Para optimizar la precisión de los modelos alométricos y obtener estimaciones más fiables del crecimiento y la biomasa forestal, se

recomienda incorporar variables adicionales como la edad de los árboles, la densidad de la vegetación circundante y las condiciones del suelo.

Integrar acciones preventivas y correctivas: Aprovechar los resultados del inventario y los modelos alométricos para la formulación de acciones específicas de prevención y corrección, que impulsen la conservación y recuperación del Bosque Seco Tropical, en coherencia con las políticas y estrategias de conservación locales y regionales.

Alternativas para los modelos alométricos: Con el objetivo de lograr modelos alométricos precisos y relevantes en ecología forestal, se sugiere explorar diversas alternativas a los modelos lineales. Los modelos no lineales, polinomiales y exponenciales, así como las técnicas de aprendizaje automático, ofrecen herramientas valiosas. La incorporación de variables adicionales, como la edad del árbol, la densidad del bosque y las condiciones del suelo, mejora la comprensión de los factores influyentes. La colaboración con expertos en estadística y ecología forestal es fundamental para desarrollar modelos robustos y adaptados a las necesidades del estudio.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcandia de Valledupar . (30 de Abril de 2024). *Mi Municipio*. Obtenido de <https://www.valledupar-cesar.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Alcandia de Valledupar. (30 de Abril de 2024). *Alcandia de Valledupar*. Obtenido de Alcandia de Valledupar: <https://www.valledupar-cesar.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

ArcGIS. (s.f.). *ArcGIS Resources*. Obtenido de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>

Astudillo P., D. F., & Pintado C., S. E. (2021). *INVENTARIO FORESTAL Y ESTIMACION DE LA CAPTURA DE CARBONO EN LOS CUATRO PARQUES URBANOS Y LA RIBERA DE LOS RIOS SANTA BARBARA Y SAN FRANCISCO EN LA ZONA TURISTICA DEL CANTON GUALACEO*. Cuenca.

Barreto Silva, J. S., Peña Hernandez, M. A., Capachero Martinez, C. A., Barbosa Herrera, A. P., Ramirez Echeverry, S., Panev, M., & Phillips Bernal, J. F. (2018). *MANUAL DE CAMPO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE COLOMBIA*.

blogspot. (10 de Septiembre de 2016). Obtenido de *blogspot*: <https://escuelambientalcesar.blogspot.com/>

Bordino, J. (24 de Marzo de 2021). *Ecologia Verde*. Obtenido de Ecologia Verde: <https://www.ecologiaverde.com/recursos-forestales-que-son-tipos-y-ejemplos-3335.html>

Caballero, A. (27 de Abril de 2023). *Climate Consulting*. Obtenido de [https://climate.selectra.com/es/huella-carbono/captura#:~:text=La%20captura%20de%20carbono%20es,de%20efecto%20invernadero%20\(GEI\)](https://climate.selectra.com/es/huella-carbono/captura#:~:text=La%20captura%20de%20carbono%20es,de%20efecto%20invernadero%20(GEI).).

Caicedo V, S. M., & Herrera R, L. M. (2015). *DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE CO₂ CAPTURADO Y O₂ PRODUCIDO POR LOS DIFERENTES BIOTOPOS EN EL HUMEDAL SANTA MARÍA DEL LAGO*. Bogotá D.C.

Cañarte G., F. H. (2014). *DETERMINACION DE CAPTURA DE CARBONO POR LA FAMILIA MORACEAE COMO APORTE A LA DECLARATORIA DE RESERVA ECOLÓGICA DEL BOSQUE ULEAM EL CARMEN, 2013*. Manta.

Caracol Radio. (4 de Marzo de 2023). *Caracol Radio*. Obtenido de <https://caracol.com.co/2023/03/04/la-importancia-del-inventario-forestal-en-colombia/>

Casanoves, F., Ospina, M. A., Ruenes Vargas, V., Morfín Ríos, J. E., Carrillo Negrete, O. I., Rangel García, L. A., . . . Morales, W. (2017). *Estimación del carbono a partir de inventarios forestales nacionales*. Turrialba.

Echávez, K., Pastran, Y., & Polo, Á. (2015). ESTIMACIÓN DEL CO₂ EMITIDO Y CAPTURADO EN LA SEDE SABANAS Y EL CAMPUS DEPORTIVO DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*.

ENVIRA. (8 de Junio de 2020). *ENVIRA*. Obtenido de ENVIRA: <https://envira.es/exceso-de-co2-en-las-plantas-efectos/#:~:text=Las%20plantas%2C%20durante%20el%20d%C3%ADa,capturando%20ox%C3%ADgeno%20y%20liberando%20CO2>.

EPA. (30 de Mayo de 2024). *Emisiones de dióxido de carbono*. Obtenido de Emisiones de dióxido de carbono: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-dioxido-de-carbono>

FAO. (26 de Junio de 1997). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/per9287.pdf>

FAO. (2024). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Obtenido de <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/forest-inventory/basic->

knowledge/es/#:~:text=Un%20inventario%20forestal%20consiste%20en,de%20una%20gesti%C3%B3n%20forestal%20sostenible.

Fundación Endesa. (s.f.). *Fundación Endesa*. Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-renovables/central-de-biomasa>

GESTIÓN AMBIENTAL Y FORESTAL S.A.S. (2018). *INFORME INVENTARIO FORESTAL PROYECTO CANAGUEY UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAN*. San Ángel.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación Sexta Edición. En R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez Collado, & P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación Sexta Edición* (pág. 4). Ciudad de Mexico: McGraw Hill Education.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación Sexta Edición. En R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez Collado, & P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación Sexta Edición* (pág. 92). Ciudad de Mexico: McGraw Hill Education.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación Sexta Edición. En R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez Collado, & P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación Sexta Edición* (pág. 93). Ciudad de Mexico: McGraw Hill Education.

Hoyos J., Y. P. (2020). *Identificación y proyección de la biodiversidad existente en la Escuela Ambiental de Valledupar, buscando una mejora en la sostenibilidad del Ecosistema*. Valledupar. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Instituto SINSHI. (2007). *Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINSHI*. Obtenido de Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINSHI: https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR_MADERABLES.pdf

López, P. L. (2004). POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. *Punto Cero*.

Maldonado J, I., & Aparicio S, M. E. (2021). Estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa de macrófitas en la Bahía interior de Puno, lago Titicaca. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*.

Maqbool, C., & Khan, A. B. (2013). Biomass and Carbon Content of Emergent Macrophytes in Lake Manasbal, Kashmir: Implications for Carbon Capture and Sequestration. *International Journal of Scientific and Research Publications*.

Martinez Cataño, A. F. (2019). *ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO Y LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL BOSQUE URBANO DEL TECNOLÓGICO DE ANTIOQUIA INSTITUCION UNIVERSITARIA (PERIODO 2012-2018)*. Medellín.

Meza Aguilar, M. d., Trejo Regalado, H. I., & Gonzáles Florez, M. (Agosto de 2018). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/ppt_medici%C3%B3n_del_di%C3%A1metro_de_un_%C3%A1rbol.pdf

MinAmbiente. (18 de Diciembre de 1974). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Decreto-2811-de-1974.pdf>

MinAmbiente. (22 de Diciembre de 1993). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>

MinAmbiente. (Diciembre de 2016). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: https://archivo.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/aproximacion__al_territorio/Cesar_pag_ind.pdf

MinAmbiente. (2020). *Lineamientos y guía para la Ordenación Forestal en Colombia*. Bogotá D.C.

MinAmbiente. (15 de Junio de 2021). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*.
Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/mitigacion-de-gases-de-efecto-invernadero-gei/>

MinAmbiente. (09 de Junio de 2022). *Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente*.
Obtenido de Sección Normativa Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente: <https://www.minambiente.gov.co/normativa/>

MinAmbiente, Instituto Humbolt. (2017). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*.
Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/BIODIVERSIDAD_Y_SERVICIOS_ECOSISTEMICOS_EN_LA_PLANIFICACION_Y_GESTION_AMBIENTAL_URBANA.pdf

NASA. (Marzo de 2024). *NASA Climate Change*. Obtenido de <https://climate.nasa.gov/en-espanol/signos-vitales/dioxido-de-carbono/?intent=111>

Norman, C., & Kreye, M. (21 de Abril de 2022). *PennState Extension* . Obtenido de <https://extension.psu.edu/como-los-bosques-almacenan-el-carbono#:~:text=Los%20%C3%A1rboles%20son%20sin%20duda,construir%20madera%20ramas%20y%20ra%C3%ADces.>

Organización WWF. (11 de Septiembre de 2021). *WWF*. Obtenido de <https://www.wwf.org.co/?328100/Glosario-ambiental-Que-es-la-biodiversidad>

Ortiz G., D., & Sánchez G., S. A. (2021). *Instituto Humbolt*. Obtenido de Instituto Humbolt: <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2021/cap3/303/>

Palomino C, D., & Cabrera C, C. (2008). Estimación del servicio ambiental de captura del CO2 en la flora de los humedales de Puerto Viejo. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG* .

Serna V, O. R. (2024). *EVALUACIÓN DE LA CAPTURA DE CO2 DE LAS MACROFITAS PREDOMINANTES EN LA CIENAGA DE ZAPATOSA ZONA DE INFLUENCIA DE CHIMICHAGUA, CESAR*. Valledupar.

Supo, J. (6 de Abril de 2023). *Bioestadístico*. Obtenido de Bioestadístico:
<https://bioestadistico.com/la-poblacion-de-estudio>

UICN. (2024). *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*. Obtenido de Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza: <https://www.iucnredlist.org/es>

UICN. (s.f.). *IUCN Red List of Threatened Species*. Obtenido de IUCN Red List of Threatened Species:
<https://www.iucnredlist.org/es#:~:text=Establecida%20en%201964%2C%20la%20Lista,de%20animales%2C%20hongos%20y%20plantas>

UNFCCC. (s.f.). *United Nations Climate Change*. Obtenido de
<https://unfccc.int/es/temas/introduccion-a-la-mitigacion>

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR. (2021). *ACUERDO No. 003*. Valledupar.

UPME. (s.f.). *Unidad de Planeación Minero Energética*. Obtenido de
http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/sistemas/sistemas.htm#:~:text=En%20sentido%20general%20se%20entiende,y%20en%20la%20participaci%C3%B3n%20ciudadana.

Valera, Y. (25 de Julio de 2023). Escuela Ambiental del Cesar, un espacio en Valledupar para conectar con la naturaleza. *El Pílon*.



10. ANEXO

10.1 ANEXO 1. HERRAMIENTA USADA EN CAMPO PARA TOMA DE COORDENADAS

Ilustración 22.
Anexo 1 GPS



Nota. Autores, 2025.

10.2 ANEXO 2. FORMATO USADO PARA LA TOMA DE DATOS EN CAMPO

Ilustración 23

www.unicesar.edu.co

1 Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588
8 5592)
4 Balneario Hurtado, Vía a Patillal
Valledupar – Cesar, Colombia

