

Carbono orgánico del suelo colonizado por *Avicennia germinans* (L.) L en el sector Los Totumos, Miranda, Venezuela

Organic carbon of the soil colonized by *Avicennia germinans* (L.) in the Los Totumos sector, Miranda, Venezuela

Carbono orgánico do solo colonizado por *Avicennia germinans* (L.) L no setor Los Totumos, Miranda, Venezuela.

*Rossany Calderón-Castellanos*¹

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

*Franklin Núñez-Ravelo*²

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

*María Ugas-Pérez*³

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

*Génesis Yépez Hera*⁴

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

*Ferney Rivas-Meriño*⁵

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

- 1 Profesora en Geografía, Universidad Pedagógica Experimental Libertador-IPC. Correo electrónico:  marietcalderon19@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-2795-0183>
- 2 Profesor en Geografía, Magister en Geografía, mención Geografía Física, Doctor en Educación Ambiental. Universidad Pedagógica Experimental Libertador-IPC. Correo electrónico:  franklingeove@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-5501-3085>
- 3 Profesora en Geografía, Magister en Geografía, mención Geografía Física. Universidad Pedagógica Experimental Libertador-IPC. Correo electrónico:  mariaelenaugas_88@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-4798-8805>
- 4 Profesora en Geografía, Magister en Geografía, mención Geografía Física. Universidad Pedagógica Experimental Libertador-IPC. Correo electrónico:  ggyh.050694@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-3612-6743>
- 5 Profesor en Geografía. Magister en Educación Ambiental. Universidad Pedagógica Experimental Libertador-IPC. Correo electrónico: ferneyrivas@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-6946-3992>



Resumen

El propósito fue cuantificar el contenido de carbono almacenado en el suelo del ecosistema de manglar ubicado en el humedal Laguna Grande, sector Los Totumos, estado Miranda-Venezuela. El estudio fue desarrollado en tres fases: (a) campo: que se llevó a cabo en mayo de 2019, donde colectaron 30 muestras de suelo superficial. (b) laboratorio: se realizó la determinación del carbono en el suelo, mediante la técnica de oxidación con dicromato de potasio propuesta por [Walkley y Black \(1934\)](#), y (c) análisis estadístico: durante esta fase, se estimaron medias descriptivas y pruebas de contraste de hipótesis. A partir de los resultados obtenidos, se evidencia que no existen diferencias significativas entre las parcelas que fueron objeto de esta investigación, lo que posiblemente este obedeciendo a las condiciones de cobertura de ambas parcelas. Estimándose un total de 32,14 MgCha⁻¹ almacenado en el suelo del humedal.

Palabras clave: carbono, suelo, manglar, *Avicennia germinans*, Los Totumos



Abstract

The purpose was to quantify the carbon content stored in the soil of the mangrove ecosystem located in the Laguna Grande wetland, Los Totumos sector, Miranda state, Venezuela. The study was developed in three phases: (a) field: which was carried out in May 2019, where 30 surface soil samples were collected. (b) laboratory: the determination of carbon in the soil was carried out, using the potassium dichromate oxidation technique proposed by [Walkley and Black \(1934\)](#), and (c) statistical analysis: during this phase, descriptive means and tests were estimated. Hypothesis testing. From the results obtained, it is evident that there are no significant differences between the plots that were the subject of this investigation, which is possibly due to the coverage conditions of both plots. An estimated total of 32.14 MgCha⁻¹ stored in the wetland soil.

Keywords: carbon, soil, mangrove, *Avicennia germinans*, Los Totumos



Resumo

O objetivo foi quantificar o conteúdo de carbono armazenado no solo do ecossistema de mangue localizado no pantanal de Laguna Grande, setor Los Totumos, estado de Miranda, Venezuela. O estudo foi desenvolvido em três fases: (a) campo: que foi realizado em maio de 2019, onde foram coletadas 30 amostras superficiais de solo. (b) laboratorial: foi realizada a determinação do carbono no solo, utilizando a técnica de oxidação do dicromato de potássio proposta por [Walkley e Black \(1934\)](#), e (c) análise estatística: nesta fase foram estimadas médias descritivas e testes de hipóteses. testando. Dos resultados obtidos, evidencia-se que não existem diferenças significativas entre as parcelas que foram objeto desta investigação, o que possivelmente se deve às condições de cobertura de ambas as parcelas. Um total estimado de 32,14 MgCha⁻¹ armazenados no solo pantanoso

Palavras chave: carbono, solo, mangue, *Avicennia germinans*, Los Totumos

Introducción

De acuerdo con [Tomlinson \(1986\)](#), los manglares son asociaciones vegetales que se desarrollan en las zonas costeras subtropicales del mundo, aunque las especies que las conforman pertenecen a diversos grupos taxonómicos, presentan características morfológicas y fisiológicas comunes, como, por ejemplo, la marcada tolerancia a la salinidad, adaptación para crecer en estratos superficiales de sedimentos inestables, capacidad de intercambio de gases en suelos con bajas concentraciones de oxígeno y dispersión de propágulos en medio acuático.

Para [Donato \(2011\)](#), los bosques de manglar constituyen ecosistemas costeros que se caracterizan por ser capaces de almacenar grandes cantidades de carbono en sus suelos. Además, los bosques de manglar tienen la capacidad de absorber grandes cantidades de CO₂, de la atmósfera a través de la fotosíntesis y la fijación de carbono en sus tejidos. Estos procesos, según [Lozano \(2007\)](#), [Rodríguez y Ramírez \(2018\)](#), [Santiago \(2018\)](#) y [Agraz et al. \(2020\)](#), contribuyen significativamente al aplacamiento de la emisión de gases de efecto invernadero y al cambio climático.

En efecto, [Caamal \(2012\)](#) afirma que los manglares pueden secuestrar en el suelo hasta cinco veces más carbono que otros bosques del mundo, sin embargo, están siendo seriamente amenazados por conversión de uso, es decir para ser utilizados con otros fines como extracción de leña y cultivos.

El carbono azul está vinculado a los ecosistemas costeros y marinos que pueden capturar y almacenar grandes cantidades de carbono. La [Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza \(IUCN, 2011\)](#), explica que dentro de estos ecosistemas se encuentran las denominadas praderas de pastos marinos, arrecifes de coral y bosques de manglar.

En Venezuela, los bosques de manglar se encuentran distribuidos en la línea de costa, sectorizados en cinco grandes áreas: occidental, centro-occidental, centro-oriental, oriental e insular-oriental, identificando entre las principales especies: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, y *Laguncularia racemosa*; esto según [Pannier y Pannier \(1989\)](#) y el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (2006), y, como estipula la [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura \(La FAO, 2001\)](#), de acuerdo con lo que reporta la FAO, estos constituye el 11% del área total de manglar que hay en Sudamérica,

lo que permite inferir que en los suelos de las zonas colonizadas por alguna de las especies que constituyen estos ecosistemas, se han acumulado cantidades de carbono que no han sido suficientemente inventariadas

En el área Centro-Oriental, destacan los aportes de [García \(2018\)](#); [Calderón \(2021\)](#) y [Núñez \(2022\)](#), quienes cuantificaron las reservas de carbono en los bosques de manglar de Laguna La Reina, delta del Río Unare y Laguna de Tacarigua, respectivamente, coincidiendo en: (a) la importancia del suelo como principal sumidero, (b) la relación entre los parámetros estructurales y el potencial de secuestro de CO₂, (c) el rol de la *Avicennia germinans* como segunda especie de importancia el secuestro de carbono, y (d) la utilidad de los datos reportados en tales estudios, como posible fuente de información para la gestión ambiental de estos ecosistemas.

Para [Kauffman et al. \(2013\)](#), los ecosistemas de manglar tienen la capacidad de almacenar variables cantidades de carbono en sus componentes, especialmente en el suelo, Esto se debe a que tienen suelos ricos en materia orgánica, lo que los convierte en uno de los ecosistemas más eficientes en la captura y almacenamiento del precitado gas. Es necesario enfatizar que, de acuerdo con [Donato \(2011\)](#), los manglares son los ecosistemas de mayor contenido de carbono, llegando a almacenar hasta 1,02 tC/ha, y por esta razón su estudio es clave para la obtención de información base que permita el diseño de estrategias de mitigación de los cambios climáticos, tales como la reforestación o restauración.

En el caso específico del área de estudio, [Ugas et al. \(2022\)](#), afirman que en Los Totumos, se identifica el desarrollo de manglares ribereños en bosque dominados por la especie *Avicennia germinans* cuya vegetación se presenta en cobertura cerrada, es decir, las opas de los árboles se tocan entre sí, con diferencias significativas entre los flujos de 7,51 mg C-CO₂ g/24h en la zona rizosférica del suelo, y 1,49 mg C-CO₂ g/24h para la no rizosférica, concluyendo que: (a) la actividad microbiana en el suelo, provocada por las condiciones edáficas que genera la presencia del manglar contribuyen con la evolución del mismo, y (b) reafirmando que los manglares son fuente de CO₂, y sumidero del gas ante el impacto del cambio climático.

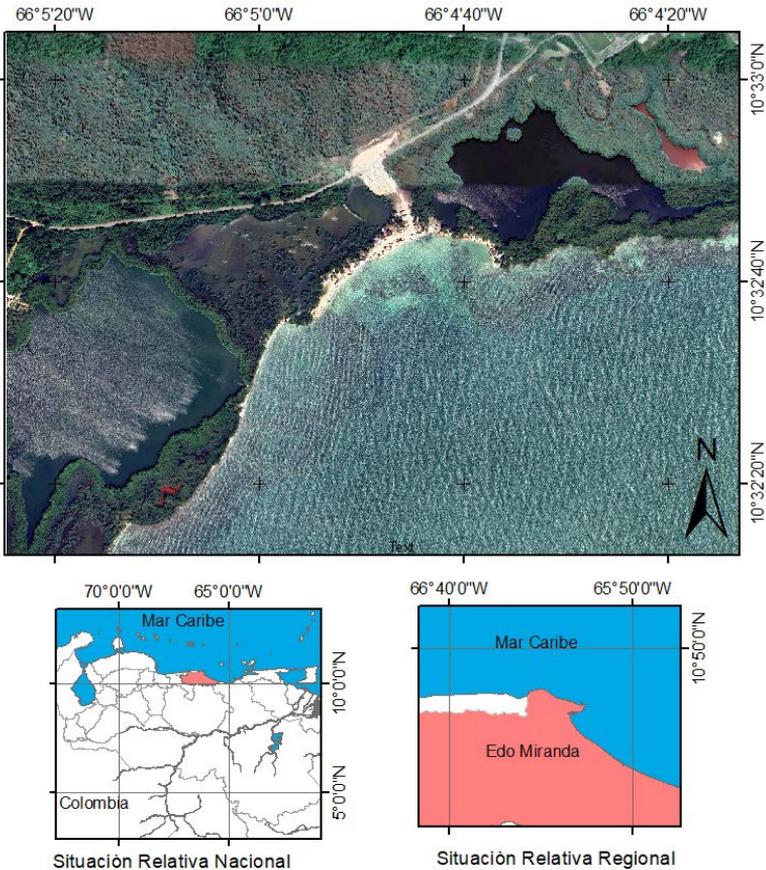
Con base en lo anteriormente expuesto, se tiene como objetivo de esta investigación, Cuantificar el contenido de carbono orgánico retenido en el suelo colonizado por manglar, como indicativo de su potencial como reservorio.

Metodología

Área de Estudio

El Humedal Laguna Grande, específicamente el sector Los Totumos, se localiza municipio Brión del estado Miranda (Figura 1), al suroeste de Cabo Codera entre N10° 32' 34" - N10° 32' 44", y O66° 4' 44" - O66° 4' 54". El [Instituto Nacional de Espacios Acuáticos \(2003\)](#) dicta que el humedal limita al norte con la Cordillera de la Costa, al oeste con Bahía

Figura 1. Localización del área de estudio.



0 0.0025 Kilometros



Fuente: Elaboración propia

de Buche, y al sur y al este con el Mar Caribe. Este espacio se encuentra dentro de la zona del litoral central, declarada Zona Protectora de Suelos, Bosques y Aguas. Por su parte, [Vivas \(2007\)](#), describe la zona como la planicie aluvial del bajo Tuy, donde predominan los sedimentos medios o finos holocénicos, aunque todavía existen restos de terrazas pleistocenas de sedimentos más gruesos, donde los depósitos marinos no están ausentes.

De acuerdo con [Garrido \(2017\)](#), el área se encuentra influenciada hidrográficamente por su cercanía a las desembocaduras de ríos de caudal permanente tales como: el Río Curiepe, Capaya y Tuy, los cuales son los agentes responsables del depósito y transporte de una importante carga de sedimentos en dicha zona costera.

Trabajo de Campo

Se realizó durante el 01 y 02 de mayo de 2019, en el período lluvioso. De acuerdo con [Ugas et al. \(2022\)](#), se estima para el sector en estudio 4.42 ha aproximadamente cubiertas por manglar, lo que representa 56.88% de la superficie total. Se delimitaron dos parcelas de 50m x 20m, (1000m² o 0.1ha). El tamaño de la parcela se ajusta al criterio referido por [Mac-Dicken \(1997\)](#), quien precisa para el inventario de carbono en vegetación leñosa áreas de 100m² para coberturas muy densas, hasta 1000m² para coberturas muy esparcidas.

La selección de la superficie de muestreo obedeció a los siguientes criterios: (a) accesibilidad y seguridad a los miembros del equipo al área, garantizando que el recorrido pudiese desarrollarse a pie, ya que no se contó con el equipamiento técnico ni financiero para acceder por vía marina; (b) capacidad de la indumentaria para el muestreo, a fin de resguardar la seguridad y salud de los miembros del equipo de campo; (c) muestrear en un área de menor intervención antropogénica, y (d) procurar el resguardo de los equipos de campo. En cada parcela, se procedió a la identificación de los individuos por especie de manglar.

En cada parcela, además de identificar la especie para cada individuo, se procedió a la toma de las muestras de suelo en una profundidad de 0 a 20 cm, La colecta del suelo a nivel superficial, obedece al criterio propuesto por [Kauffman et al. \(2013\)](#), quienes coinciden en expresar que es en los primeros 10 cm de profundidad donde se concentra mayor contenido de carbono.

Siguiendo con [Kauffman *et al.* \(2013\)](#), en el reconocimiento de campo, los componentes deberán ser incluido y medido si estos: (a) son considerablemente grandes; (b) es afectado por el uso del suelo; (c) el futuro uso del suelo es incierto; y (d) el tamaño del componente es incierto. Los componentes de carbono pequeños o aquellos poco susceptibles a ser afectados por cambios en el uso del suelo pueden excluirse o muestrearse con menor frecuencia.

Este proceso permitió la toma de 30 muestras de suelo superficial, de las cuales 15 pertenecen a la parcela 1, y 15 a la parcela 2. Capturadas en cilindros de polietileno de 5cm de diámetro, que fueron introducidas en bolsas herméticas, y transportadas al laboratorio refrigeradas en cava.

Análisis de laboratorio

Se utilizó el método establecido por [Walkley y Black \(1934\)](#), mediante el cual se promueve la oxidación de la muestra por dicromato de potasio al 8%, en presencia de ácido sulfúrico al 96%.

Para el pretratamiento de las muestras, se generó la curva de calibración de la dextrosa para CO, siendo necesario la preparación de la solución madre de concentración 50mg/ml, donde se disolvió 13,76 g de dextrosa en 100ml de agua destilada, a partir de esta solución se generaron patrones de concentración de 1.25; 2.5; 3.75; 5 y 6.25mg/ml, para lo cual, y con apoyo en una pipeta, se capturaron de la solución madre alícuotas de 2.5; 5; 7.5; 10 y 12.5ml que fueron diluidas por separado en balones aforados de 100ml, y se enrasaron con agua destilada.

Posteriormente, de cada solución se tomó por separado 1ml, esto fue vertido en tubos de ensayo con capacidad de 15 a 20ml, a cada tubo se le añadió 2 ml de dicromato de potasio y 3 ml de ácido sulfúrico, se dejó enfriar por 10 minutos y se le agregó 10 ml de agua destilada, se agitó en el vortex y, posteriormente, se centrifugó durante 10 minutos.

De cada solución se eliminó, con una micropipeta automática, una alícuota del sobrenadante, esta se vertió en el tubo de Spectronic, a fin de medir y registrar la absorbancia a 650nm mediante un espectrofotómetro modelo Cole Parmer 1100. Los datos obtenidos de absorbancia fueron ordenados en un cuadro con la siguiente secuencia:

Cuadro 1. Datos obtenidos de absorbancia.

mgC/ml	UA ($\lambda= 650 \text{ nm}$)
1.25	
2.5	
3.75	
5	
6.25	

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los valores de absorbancia obtenido para cada solución, se construyó un diagrama de dispersión en una hoja de cálculo de Excel: en el eje vertical (Y), se representó la absorbancia medida a 650nm, mientras que en el eje horizontal (X) la concentración (mgC/ml). Finalmente, se estimó el coeficiente de Pearson y la ecuación de la recta, esta última a fin de conocer los valores del intercepto y la pendiente.

Para el análisis de CO₂ fue necesario que las muestras se secan al aire libre durante un período promedio de 72 horas. Transcurrido este tiempo, y una vez verificado que las muestras no presentaran humedad aparente al tacto, fueron trituradas, individualmente, con apoyo de un rodillo de madera, y tamizadas en la bandeja N°10 de 2mm de diámetro.

Cada muestra, se colectó de la fracción tamizada 0.25g. Este material, se vertió en un tubo de ensayo de 20 ml de aforo, y se le adicionaron: 1 ml de agua destilada, 2 ml de la preparación de dicromato de potasio y 3 ml de ácido sulfúrico. La mezcla se dejó reposar por, aproximadamente, 30 minutos, mientras cesaba el proceso de oxidación.

Finalmente, una vez cumplido el proceso de oxidación, y corroborando la disminución de la temperatura de la solución, se procedió a añadir 10 ml de agua destilada, posteriormente se agitó en el vortex durante 10 minutos, para concluir con el centrifugado a 5000r.p.m. durante 10 minutos.

De cada muestra se extrajo, con apoyo de una pipeta automática, la solución sobrenadante, esta se introdujo en el tubo del Spectronic y se depositó en el espectrofotómetro para precisar la absorbancia a la longitud de onda de 650nm.

Para obtener el %COs, se empleó la siguiente ecuación:

$$\%COs = [concentración \text{ de } mgC/ml \div \text{ peso seco corregido a } 250 \text{ g}] * 100$$

En donde la concentración de mgC/ml es obtenida a partir de los valores de absorbancia que se registraron en las muestras de suelo, y los valores del intercepto y la pendiente despejando de la ecuación de recta que se estimó para la curva de calibración. De allí que para su estimación se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Concentración (mgC/ml)} = [\text{absorbancia-intercepto}] \div \text{pendiente}$$

Par hallar el peso seco corregido (250 g), se aplicaron las siguientes estimaciones:

Suelo seco 1 g = $1/(\%H + 1)$ (en donde %H= % de humedad previamente conocido).

Suelo seco 0.25 g = Peso de la muestra * suelo seco 1 g).

Suelo seco 250 g = Suelo seco 0.25 g * 1000.

En cuanto a la determinación del CO₂ en Mgha⁻¹, se aplicó la ecuación propuesta por [Kauffman et al. \(2013\)](#):

$$\text{COS (Mg/ha}^{-1}\text{)} = \%CO * \text{densidad aparente} * \text{intervalo de muestreo cm}$$

En donde la densidad aparente es asumida como el resultado de dividir el peso seco del suelo entre el volumen del cilindro donde se colectó la muestra.

Procesamiento estadístico de datos

Durante esta fase se estimaron medidas descriptivas para determinar en cada conjunto de datos el valor mínimo y máximo, la media y desviación típica, y prueba de contraste de hipótesis, que permitieran de identificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de muestras de los subconjuntos muestrales. En este sentido, se aplicó la prueba *t* de student para el contraste de media en los conjuntos de datos con distribución homogénea, pero con varianzas diferentes. Todos los estadísticos fueron calculados con apoyo en hojas de cálculo de Excel.

Resultados

- Carbono orgánico en el suelo dominado por *Avicennia germinans*.
- Para el área de estudio se estimó un promedio de 0,66% de carbono orgánico en el suelo, para la parcela 1 una media de 0,6857%, y para la parcela 2 0,6354%.
- En la parcela 1 se estimó como valor mínimo 0,5046%, valor máximo de 0,9131%, con una desviación estándar de 0,1096. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje CO en el suelo de Los Totumos

Parcela	CO (g-1)		X	s
	Valor mínimo	Valor máximo		
Parcela 1	0.50	0.91	0.68	0.10
Parcela 2	0.41	1.41	0.63	0.30

Fuente: Elaboración propia.

X = media; s = desviación típica o estándar

Atendiendo a los datos estimados para la parcela 1, se afirma que existe homogeneidad moderada entre los valores pertenecientes a este subconjunto de unidades muestrales, ya que la desviación estándar evidencia poca variabilidad de los datos con respecto a la media.

En lo que respecta a la parcela 2, se precisó un valor mínimo de 0.41% y un valor máximo de 1.41, con una desviación estándar de 0,30 que, al contrastarla con la parcela 1, aunque esta última también es homogénea, presenta una mayor variabilidad de los datos con respecto a su media.

Ahora bien, la prueba para el análisis de comparación de medias indica que el estadístico t ($t \geq 0.01$) (0,57) es inferior al valor crítico de t de dos colas (2,04), por lo que se afirma que no existen diferencias significativas ($t \geq 0.01$) o ($t \leq 0.01$) al contrastar la media aritmética de los subconjuntos de muestras en estudio. (Cuadro 3)

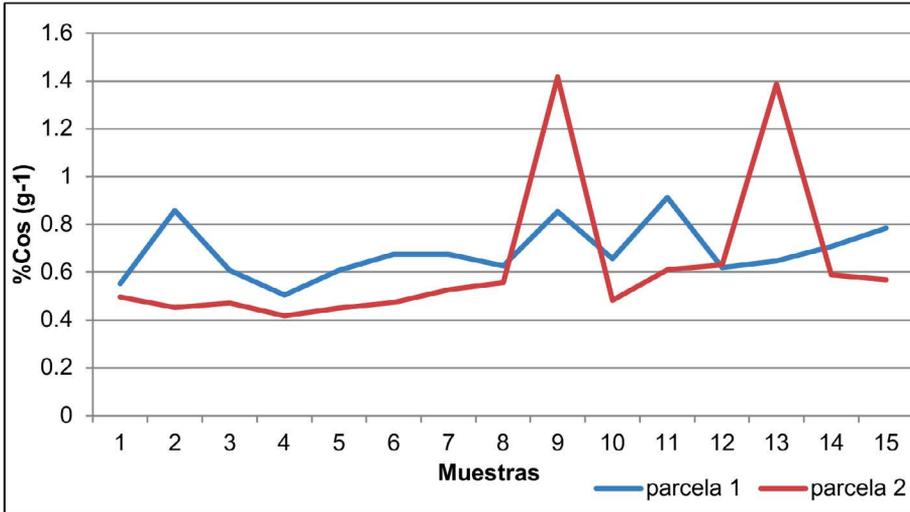
Lo anterior permite afirmar que en ambas parcelas existe un aporte homogéneo de carbono orgánico al suelo. (Figura 2)

Cuadro 3. Prueba T para el CO en el suelo

Estimador	Parcela 1	Parcela 2
Media	0.6888	0.6337
Varianza	0.0178	0.1087
Grados de libertad	28	
Estadístico t	0.5746	
P(T<=t) una cola	0.283	
Valor crítico de t (una cola)	1.7034	
P(T<=t) dos colas	0.56	
Valor crítico de t (dos colas)	2.0442	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Porcentaje de CO por gramo de suelo/muestra.



Fuente: Elaboración propia.

Lo anteriormente expuesto, pudiese obedecer a que en ambas parcelas el desarrollo estructural de los individuos de manglar es semejante, ya que tal como lo refiere [Ugas \(2016\)](#) y [Ochoa \(2019\)](#), mientras mayor sea el desarrollo estructural y la cobertura del bosque de manglar, mayor será contenido de materia orgánica y carbono orgánico.

Los valores obtenidos para el área reflejados en el Cuadro 2, son semejantes a los reportados por [Yépez \(2021\)](#) y [Núñez \(2022\)](#), quienes determinaron en la Laguna de Tacarigua, % Cos (g-1) 0,37 y 0,40,

respectivamente, y a lo estimado por Ugas (2016), para la Península de Chacopata que fue de 0,79% Cos (g-1). Es importante destacar que en las investigaciones referidas la especie estudiada fue la *Avicennia germinans*, coincidiendo con la existente en el área objeto del presente estudio.

A partir de los datos descritos anteriormente, se estimó un carbono total en el suelo de 32.14 Mgha⁻¹, siendo que para la parcela 1 el contenido de carbono valuado fue de 32.93 Mgha⁻¹, y para la parcela 2 de 31.35 Mg.ha⁻¹. (Cuadro 4)

De acuerdo con Kauffman *et al.* (2013), el suelo es el componente del manglar, donde existen las mayores reservas de carbono, debido a que este se encuentra la mayor parte del tiempo en condiciones anaeróbicas lo que facilita la acumulación de dicho elemento a lo largo del tiempo.

Cuadro 4. Carbono total (MgCha⁻¹) en el suelo (Cts)

Parcela	%CO	Cts (Mgha ⁻¹)
1	0.68	32.93
2	0.63	31.35
Promedio	0.66	32.14

Fuente: Elaboración propia

Nota: Mg = Megagramos = 1 tonelada. Cst= carbono total en el suelo.

Méndez (2015) estimó en la laguna La Restinga valores de carbono en suelos dominados por *Avicennia germinans* 23.2 Mgha⁻¹. Resulta importante resaltar que dichos manglares se presentan en cobertura cerrada y con individuos que superan los 2 metros de altura. Lo reportado para esta zona es similar al promedio del área de estudio, donde el bosque de manglar presenta condiciones estructurales semejantes.

Por su parte, Calderón (2021) expuso que el almacenaje de carbono en el suelo del manglar emplazado en el delta del río Unare, Venezuela, es de 17,47 Mgha⁻¹, destacando que en la referida zona el suelo permanece inundado solo en la temporada lluviosa, y que los individuos de manglar no superan los 2 metros de altura. Siendo estas condiciones estructurales las que pudiesen estar introduciendo el margen de diferencia entre las áreas contrastadas.

Núñez (2022) reportó un total de 21,11Mgha⁻¹ de carbono en el suelo del manglar localizado en el sector la Boca de la Laguna de Tacarigua, Venezuela, donde existe la presencia de *Avicennia germinans* y *Conocarpus*

erectus., El autor menciona la posibilidad de que este contenido de carbono esté condicionado por el nivel de evolución estructural de los individuos muestreados, que corresponde para la parcela 1 a un nivel intermedio de evolución y para la parcela 2, que es donde existe menor contenido de carbono en el suelo a un estadio de juventud.

Conclusiones

El espacio geográfico objeto de estudio en la presente investigación se caracteriza por ser un bosque de manglar, cuya especie dominante es *Avicennia germinans*, que presenta cobertura cerrada y que de acuerdo con la clasificación de Sánchez et al. (1997), se encuentra en estado latizal (DAP entre 5.1 y 15 cm), que corresponde al estado de evolución intermedia, por lo que se puede inferir que el comportamiento del stock de carbono en ambas parcelas muestreadas, obedezca a que estas tengan un similar desarrollo estructural.

La investigación permitió concluir que el reservorio de carbono en suelo es de 32,14 Mgha⁻¹ lo cual posiblemente obedezca a que la *Avicennia germinans*, presenta un desarrollo estructural en estado latizal, adicionalmente a que este permanece inundado durante casi todo el año, por lo que la condición anaeróbica que favorece la acumulación del carbono prevalece durante la mayor parte del tiempo.

Se reconoce, entonces, la eficiencia del componente suelo del ecosistema manglar en la captura de mayores cantidades de carbono y mantenerlo almacenado por más tiempo. Por lo que a partir de los resultados obtenido en esta investigación se recomienda desarrollar un segundo estudio, con la finalidad de cuantificar el carbono en las distintas profundidades del suelo, para así corroborar que el secuestro del mismo se realiza mayormente en la zona superficial, y llevar a cabo una fase de la investigación con base en el análisis correlacional entre las reservas de carbono en los distintos componentes del ecosistema manglar y sus características diamétrica, lo que permitirá comprobar que las reservas de carbono, están relacionadas positivamente con el desarrollo estructural que presente el bosque.

Referencias bibliográficas

- Agraz, C., Chan, C., Chávez, J., Osto, J., Expósito, G., Alonso, V., Muñiz, R., Ruiz, A., Pérez, L., Sánchez, J., y Rivera, E. (2020). Reserva de carbono en un ecosistema de manglar al norte de México: cambios ambientales durante 35 años. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, (91), 127-140.
- Caamal, J. (2012). *Almacenes de carbono en manglares de Celestún* [Trabajo de grado de maestría no publicado, Universidad Autónoma de México]. México. https://www.researchgate.net/publication/312121212/figure/fig/1/figure/fig1/1512121212/Almacenes_de_carbono_en_manglares_de_Celestun.pdf
- Calderón, R. (2021). *Cuantificación de la reserva de carbono total y dióxido de carbono equivalente en el bosque monoespecífico de Avicennia germinans ubicado en el delta del río Unare, estado Anzoátegui Venezuela* [Trabajo de Grado de Maestría, Universidad Pedagógica Experimental Libertador]. Venezuela.
- Donato, D. (2011). Mangroves among the most carbon rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 293-297.
- García, D. (2018). *Estimación de las reservas de carbono en suelos de manglar de Avicennia germinans, en Laguna La Reina, Higuerote, Estado Miranda, Venezuela* [Trabajo especial de Grado, Universidad Central de Venezuela]. Venezuela.
- Garrido, D. (2017). *Geomorfología de los depósitos de playa ubicados en el tramo litoral Chirimena. Los Totumos, Estado Miranda, Venezuela* [Trabajo de Grado no publicado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador]. Venezuela.
- Instituto Nacional de Espacios Acuáticos. (2003). Plan de Acción, Programa manejo Integral de Zonas Costeras de Venezuela. Fondo para el Medio Ambiente Mundial. Venezuela. *INEA*.
- Kauffman, J.; Donato, D.; Adame, M. (2013). *Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares*.
- Lozano, Y. (2007). Los sumideros de carbono: un análisis de la potencialidad económica en un bosque de manglar del Pacífico colombiano. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (6), 78-92.

- Macdicken, K. (1997). *A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program projects. USA.
- Méndez, A. (2015). *Caracterización biogeoquímica y edáfica de suelos de manglar en Venezuela. Implicaciones en el secuestro de carbono y metales Traza* [Tesis Doctoral no publicada. Universidad de Compostela]. Venezuela.
- Núñez, F. (2022). *Estimación de la reserva de carbono total y dióxido de carbono equivalente en el manglar emplazado en el sector La Boca, Laguna de Tacarigua, estado Miranda, Venezuela* [Trabajo de Ascenso, Universidad Pedagógica Experimental Libertador]. Venezuela.
- Ochoa, J. (2019). *Dinámica del Carbono Orgánico en manglares de zonas áridas del Sureste del Golfo de California* [Tesis Doctoral no publicada, Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, S.C.]. Costa Rica.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2001). *Tendencia general de la captura de Carbono en el suelo*. En: FAO: Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d8b7252e-03c2-4116-8b6c-ebd5ca3c9662/content>
- Rodríguez, C.; Ramírez, M. (2018). Dinámica de la cobertura de manglar y del carbono asociado en Sipacate-Naranjo, Guatemala. *Revista Yu'am*, (33), 113-120.
- Santiago, L. (2018). *Estimación del potencial de captura de carbono (C) del bosque de manglar de Tumulco de Tuxpan, Veracruz, México* [Trabajo de Maestría no publicado, Universidad Veracruzana]. México.
- Tomlinson, P. (1986). *The botany of mangroves*. Cambridge University Press. England
- Centro de Cooperación del Mediterráneo. (2011). Manual para la creación de proyectos de Carbono Azul en Europa y el Mediterráneo. *Red eléctrica de España. UICN*
- Ugas, M. (2016). Propiedades edáficas del bosque halófito de Manglar, Ubicado en la Península de Chacopata, estado Sucre. [Trabajo de Maestría no publicado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador]. Venezuela.

- Ugas, M.; Calderón, R., Rivas, F., & Núñez, F. (2022). Cuantificación del flujo de CO₂ en el suelo colonizado por *Avicennia germinans*, emplazado en el humedal Laguna grande, sector Los Totumos, estado Miranda, Venezuela. La granja. *Revista de ciencias de la vida*.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2011). Informe Anual. Soluciones Naturalmente. Portal de la UINC: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2012-051-Es.pdf>
- Vivas, L. (2007). *El Cuaternario en Venezuela*. Fundación Empresas Polar GeoVenezuela. Venezuela.
- Walkley, A.; Black, A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*, 37, 29-38.
- Yépez, G. (2021). Correlación entre las propiedades edáficas y fisionómicas del bosque de manglar, en el sector la boca de la Laguna de Tacarigua, estado Miranda Venezuela. [Trabajo de Maestría no publicado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador]. Venezuela.