

# Suelos Sanos y Resilientes para el Desarrollo Sostenible



**inifap**

  
**¡Ah Chihuahua!**

VÍVELO PARA AMARLO

ISBN  
978-607-26878-0-6



SECRETARÍA  
DE TURISMO

SECRETARÍA  
DE DESARROLLO RURAL

**EDITORES**  
Fabián Fernández Luqueño  
Gabriela Medina Pérez  
Dámaris L. Ojeda Barrios  
Dulce Y. Flores Rentería

## Agradecimientos:

Todas las aportaciones aquí vertidas fueron revisadas y aprobadas mediante revisión por pares realizadas por investigadores y académicos de múltiples instituciones que fungieron como árbitros. Las contribuciones in extenso participaron durante el 48 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo. Nuestro agradecimiento y reconocimiento a todos aquellos que hicieron posible la publicación de este libro.

# Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

**Nombres:** Fabián Fernández-Luqueño, editor | Gabriela Medina Pérez, editora | Dámaris L. Ojeda Barrios, editora | Dulce Y. Flores Rentería, editora

**Título:** Suelos Sanos y Resilientes para el Desarrollo Sostenible.

**Descripción:** Primera Edición Digital. | Saltillo, Coahuila de Zaragoza | Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. (SMCS), 2024.

**Identificadores:** ISBN Digital 978-607-26878-0-6

**Temas:** Los Suelos en el Espacio y Tiempo; Propiedades y Procesos del Suelo; Uso y Manejo del Suelo; El Papel del Suelo en la Sostenibilidad del Medio Ambiente y la Sociedad; Ciencias de Frontera y Multidisciplinarias del Suelo; Ecología y Ciencias de la Tierra.

Los manuscritos incluidos en este libro fueron arbitrados por pares académicos a solicitud del Comité Científico y Editorial del Comité Organizador del 48 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo. El contenido o información vertida son responsabilidad exclusiva de cada autor.

Primera Edición. ISBN: 978-607-26878-0-6

D. R. ©1st Edition

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. (SMCS), 2024

Publisher

Km. 38.5, Carretera México-Texcoco.

Universidad Autónoma Chapingo, Edificio del Departamento de Suelos,

C.P. 56230, Apartado Postal 45.

Chapingo, Estado de México. México.

Esta edición y sus características son propiedad de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

La versión electrónica de este libro es gratuita. Disponible en la página de la SMCS (<https://www.smcsmx.org/>)

Diseño y formación: Editores

Hecho en México

Foto de portada: Tequezquite: el suelo también se cosecha. Autor: Gabriel Alejandro Hernández Vallecillo. Ganador del segundo lugar del concurso de fotografía en el marco del 48CMCS.

# Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

## Mesa Directiva de la SMCS, A.C. (2023-2025)

**Dr. Fabián Fernández Luqueño**  
Presidente

**Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios**  
Vicepresidente

**Dr. Hermes Pérez Hernández**  
Secretaría General

**Dra. Dulce Yaahid Flores Rentería**  
Tesorera

**Dr. Edgar Vázquez Núñez**  
Secretaría Técnica

**Dr. Oscar Cruz Álvarez**  
Secretaría de Eventos Nacionales e Internacionales

**Dra. Miriam Galán Reséndiz**  
Secretaría de Relaciones Públicas

**M.C. Iris del Carmen Morales Espinoza**  
Subsecretaría de Fomento a la Integración, Promoción y Mercado

**M.C. Gabriel Alejandro Hernández Vallecillo**  
Secretaría de Acción Juvenil

**M.C. Ricardo González Zavaleta**  
Secretaría de Promoción de Membresías

**Dra. Rosalia del Carmen Castelán Vega**  
Secretaría de Educación y Enseñanza

**M.C. Ramón Saúl Lujan Aguirre**  
Secretaría de Difusión y Comunicación Social

**M.C. Sandra Monserrat Barragán Maravilla**  
Subsecretaría de Creación de Contenido Digital

**Dra. Susana González Morales**  
Secretaría de Gestión de Redes de Innovación

# Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

## Comité

<b>Presidente</b>	<b>Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinación General</b>	<b>M.C. Ramón Saúl Luján Aguirre</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinadora de Simposios</b>	<b>Dra. Ofelia Adriana Hernández Rodríguez</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinación de Conferencias Magistrales</b>	<b>Dr. Ricardo Aarón González Aldana</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinación de Cursos-Talleres</b>	<b>Dr. Oscar Fernández Fernández</b> Universidad Autónoma Chapingo
<b>Coordinación Científica y Programa General</b>	<b>Dr. Fabián Fernández Luqueño</b> Cinvestav Saltillo <b>Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios</b> Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, UACH
<b>Coordinadores de División</b>	
<b>División 1</b> Suelos en el Espacio y Tiempo	<b>Dr. Bruno Manuel Chávez Vergara</b> Instituto de Geología, UNAM
<b>División 2</b> Propiedades del Suelo y Procesos	<b>Dra. Rosalía del Carmen Castelán Vega</b> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
<b>División 3</b> Uso y Manejo del Suelo	<b>Dr. Pablo Preciado Rangel</b> Tecnológico de Torreón
<b>División 4</b> El papel del Suelo en el Sostenimiento de la Sociedad y el Medioambiente	<b>Dr. Adalberto Benavides Mendoza</b> Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

# Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

División 5 Ciencias de Frontera y Multidisciplinarias del Suelo	<b>Dr. Esteban Sánchez Chávez</b> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo
División 6 Ecología y Ciencias de la Tierra	<b>Dr. Edgar Vázquez Nuñez</b> Universidad de Guanajuato
<b>Coordinación de División de Educación y Asistencia Técnica</b>	<b>Dra. Rosalía del Carmen Castelán Vega</b> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
<b>Coordinación del Premio Nacional de Suelos “Dr. Ramón Fernández González”</b>	<b>Dr. Fabián Fernández Luqueño</b> Cinvestav Saltillo
<b>Coordinación de concurso de tesis de licenciatura y posgrado</b>	<b>Dr. Oscar Cruz Álvarez</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinación de recorridos de campo</b>	<b>Dr. Juan Luis Jacobo Cuéllar</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinación de redes sociales</b>	<b>Sandra Monserrat Barragán Maravilla</b> Colegio de Postgraduados
<b>Coordinación de concurso de fotografía científica</b>	<b>Dra. Dulce Yaahid Flores Rentería</b> Conahcyt-Cinvestav Saltillo
<b>Coordinación de concurso de dibujo y pintura</b>	<b>Dra. Rosalía del Carmen Castelán Vega</b> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
<b>Coordinación de conferencias simultaneas</b>	<b>Dra. Susana González Morales</b> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
<b>Administradores de redes sociales</b>	<b>M.C. Sandra Monserrat Barragán Maravilla</b> Colegio de Postgraduados
<b>Coordinación de contenido de página web</b>	<b>Ing. Gabriel Torres Montaña</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinación de los correos</b>	<b>M.A. Gustavo Rogelio López Ochoa</b> Universidad Autónoma de Chihuahua

# Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

<b>Constancias</b>	<b>M.C. Sandra Monserrat Barragán Maravilla</b> Colegio de Postgraduados
<b>Coordinación de presentación de libros</b>	<b>Dr. Julián Delgadillo Martínez</b> Colegio de Postgraduados
<b>Coordinación de Patrocinadores</b>	<b>Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios</b> Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, UACH
<b>Coordinación de recorridos turísticos y actividades culturales</b>	<b>M.C. Juan Manuel Cordero González</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinación de infraestructura y asignación de espacios</b>	<b>Dra. Linda Citlalli Noperi Mosqueda</b> <b>Dra. Martha Irma Balandrán Valladares</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinación de sesión de posters</b>	<b>Dr. César Roberto Sarabía Castillo</b> CINVESTAV <b>Dr. Alejandro Palacio Márquez</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinación de comunicación y transporte</b>	<b>Dra. Anabel Ortega Rodríguez</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Concurso de Clasificación de Suelos</b>	<b>Dr. Hermes Pérez Hernández</b> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
<b>Coordinación Cata de Vino</b>	<b>Dr. Rodrigo Alonso Villegas</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinación Administrativa UACH</b>	<b>Dr. Miguel Ángel Piñon Miramontes</b> Universidad Autónoma de Chihuahua
<b>Coordinación 2da Conferencia Internacional de Sustentabilidad e Innovación del suelo</b>	<b>Dr. Fabián Fernández Luqueño</b> Cinvestav Saltillo <b>Dra. Dulce Yaahid Flores Rentería</b> Conahcyt-Cinvestav Saltillo

## POTENCIAL DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES: MILPA Y ACAHUAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO COMO SERVICIO AMBIENTAL EN MÉXICO

**Tania Guadalupe Osorio Montor<sup>1</sup>; Rolando Rojo Rubio<sup>1</sup>; Octavio Alonso Castelán Ortega <sup>2</sup>; Francisca Avilés Nova\* <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Temascaltepec, kilómetro 67.5, carretera Toluca-Tejupilco, Barrio de Santiago, Temascaltepec de González, C.P. 51300, Estado de <sup>2</sup>México, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, C.P. 50090, Estado de México, México.

\*Autor de correspondencia: franavilesnova@yahoo.com.mx

### RESUMEN

Las actividades agrícolas como la roza-tumba-quema, la deforestación y cambio de uso de suelo contribuyen a las emisiones de C a la atmósfera y, por lo tanto, al efecto invernadero. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de los sistemas agroforestales (milpa tradicional - milpa+acahual) para el almacenamiento de C como servicio ambiental. El COS se estimó en dos sistemas agroforestales a dos profundidades del suelo, de 0 a 10 y de 10 a 20 cm en la época de estiaje. Los resultados arrojaron que la diversidad vegetal de los sistemas derivó la acumulación de C ( $\text{Mg}/\text{ha}^{-1}$ ). El sistema 1 (milpa + acahual) presentó un promedio de 0.63 y 0.97  $\text{Mg}/\text{ha}^{-1}$  a 10 cm y 20 cm de profundidad respectivamente, y el sistema 2 (milpa tradicional) obtuvo valores de 0.49 y 0.70  $\text{Mg}/\text{ha}^{-1}$  a 10 cm y 20 cm de profundidad. Los valores de C en porcentaje disminuyeron con el aumento de la profundidad de muestreo. El sistema milpa + acahual ofrece un mayor almacenamiento de Carbono en el suelo en la época de estiaje.

### PALABRAS CLAVE

Calidad del suelo, Cambio climático, COS, Maíz, Uso del suelo.

### INTRODUCCIÓN

El dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) es el principal gas responsable del efecto invernadero emitido a través del consumo de energía fósil, el cambio de uso de suelo y la deforestación, y que, a su vez, provoca un incremento en la temperatura global. Sin embargo, la emisión de este gas podría reducirse mediante la creación o mejoramiento de los sumideros de carbono (C) en la biosfera, en este punto, el manejo forestal y la conservación de los bosques pueden contribuir a la mitigación del calentamiento global mediante la conservación, secuestro y de C atmosférico (Andrade y Muhammad, 2003). Los sistemas agroforestales son estrategias productivas y ecológicas, que ayudan a mitigar los efectos negativos ambientales debido a la explotación y uso inadecuado de los recursos naturales a través de la protección del suelo, incorporación de materia orgánica, biodiversidad, aumento de las reservas de carbono en vegetación y suelo, además de fomentar el almacenamiento de C el cual es

# Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

un servicio ambiental de regulación ofrecido por estos sistemas (Casanova-Lugo *et al.*, 2011) El carbono orgánico del suelo (COS) es considerado un indicador de la calidad del suelo y su salud, el nivel de COS depende del clima, tipo de suelo y manejo del mismo (labranzas, rotaciones, secuencias de cultivos agrícolas y fertilización) (Steinbach y Álvarez, 2006). En México, la agricultura y soberanía alimentaria se han visto afectadas debido a modelos de desarrollo que intensifican la producción mediante monocultivos o la simplificación, a través del uso de fertilizantes químicos, pesticidas, y la práctica de roza-tumba (Bartra, 2015). Sin embargo, una práctica agroforestal que captura C son los acahuales, donde los cultivos son rotacionales enriquecidos con árboles, donde se lleva a cabo una etapa de recuperación o descanso para sustituir la quema, se añade estructura y diversidad al suelo, lo que permite recuperar la fertilidad del mismo (Soto-Pinto y Jiménez-Ferrer, 2018). Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue evaluar el potencial de los sistemas agroforestales (milpa tradicional y milpa+acahual) para el almacenamiento de C como servicio ambiental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en dos localidades del municipio de Temascaltepec, edo. Méx durante la época de estiaje en el año 2023: El Tule y Ejido El Peñón. Estas localidades se encuentran en un clima semi cálido-subhúmedo, a 1840 y 1885 m.s.n.m. respectivamente, la precipitación media anual es de 1200 mm y temperatura media anual de entre 18 y 20°C, los suelos se clasifican como luvisol para la localidad del El Tule con una vegetación de bosque de coníferas y como cambisol para el Peñón con una vegetación de encino.

### Caracterización de los sistemas

En base a un reconocimiento previo del área de estudio se seleccionaron dos sistemas agroforestales, en el cuadro 1 se mencionan sus características.

### Toma de muestras para determinar el almacenamiento de C

En cada sistema, las muestras de suelo, se tomaron de perfiles a diferentes profundidades: 0-10 cm y 10-20 cm, se colectaron 4 muestras de cada una, las cuales se mezclaron para formar muestras compuestas.

### Procesamiento y análisis de muestras

Las muestras fueron secadas a temperatura ambiente y tamizadas con malla 70 para estimar densidad aparente (DAP, g/cm<sup>3</sup>), pH y COS (mg/ha). La DAP se determinó mediante el método de la probeta, el pH se obtuvo a través de la utilización de potenciómetro (modelo Waterproof Tester H198130 HANNA Instruments). El almacenamiento de C se evaluó por el método propuesto por Walkley y Black (1974). Posteriormente, la estimación del carbono orgánico (%) se determinó a partir de la siguiente ecuación 1 (Borges *et al.*, 2001):

$$\% C = B - Tg 0.39 mcf$$

# Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

Dónde B= volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el testigo (ml); T= volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (ml); g= peso de la muestra empleada (g); mcf= factor de corrección de humedad.

EL contenido de Carbono del suelo (Mg/ha<sup>-1</sup>) se determinó con la ecuación 2, propuesta por González *et al.* (2008):

$$\text{COS} = \text{CO} (\text{DAP}) \text{ Ps}$$

Dónde: COS= Carbono orgánico total en suelo por superficie (Mg/ha<sup>-1</sup>); CO= carbono orgánico total (%); DAP= Densidad Aparente (g cm<sup>-3</sup>); Ps= profundidad del suelo (cm).

## Análisis de datos

En las variables de % C total y COS se utilizó medidas de tendencia central. Para la relación de los factores pH y DAP en el almacenamiento de COS se realizó la correlación de Pearson a través del programa Minitab.

Cuadro 1. Caracterización general de los sistemas agroforestales.

Sistemas	Características	Manejo	Especies forestales
1 El Tule	Milpa + acahual (descanso de +10 años) Maíz ( <i>Zea mays</i> ) + Calabaza ( <i>Cucurbita</i> <i>máxima</i> ) + frijol <i>Phaseolus</i> <i>vulgaris</i>	Cultivos establecidos en una superficie de tierra con +10 años de descanso. Sistema roza-quema mínima. Fertilización nitrogenada. Ingreso de ganado bovino para alimentarse de los esquilmos agrícolas.	Huizache ( <i>Vachellia</i> <i>farnesiana</i> ), Tepehuaje ( <i>Lysiloma acapulcense</i> ), Nopales ( <i>Opuntia ficus</i> ), Espino Herrero ( <i>Mimosa</i> <i>benthamii</i> ), Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), Encinos ( <i>Quercus</i> <i>hintonii/glaucoides</i> ), Cazahuate ( <i>Ipomoea</i> <i>wolcottiana</i> )
2 El Peñón	Milpa tradicional Maíz ( <i>Zea mays</i> ) + Calabaza ( <i>Cucurbita</i> <i>máxima</i> ) + frijol <i>Phaseolus</i> <i>vulgaris</i>	Sistema roza-quema mínima. Fertilización nitrogenada. Ingreso de ganado bovino para alimentarse de los esquilmos agrícolas.	Zapote blanco ( <i>Casimiroa</i> <i>edulis</i> ), Cazahuate ( <i>Ipomoea</i> <i>wolcottiana</i> ), Guayabo criollo ( <i>Psidium guajava</i> )

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Carbono orgánico

En el sistema 1, los valores promedio de COS por superficie a los 10 cm de profundidad fue de  $0.63 \text{ Mg/ha}^{-1}$  y a los 20 cm de profundidad con un valor de  $0.97 \text{ Mg/ha}^{-1}$ , referente al porcentaje del carbono orgánico total a los 10 cm de profundidad fue de 6.9% y a los 20 cm fue de 4.5%.

En el sistema 2, los valores promedio de COS por superficie a los 10 cm de profundidad fue de  $0.49 \text{ Mg/ha}^{-1}$  y a los 20 cm de profundidad con un valor de  $0.70 \text{ Mg/ha}^{-1}$ , referente al porcentaje del carbono orgánico total a los 10 cm de profundidad fue de 4.8% y a los 20 cm fue de 3.7%. En los dos sistemas el C en porcentaje al disminuyó al incrementar la profundidad de muestreo. Cairo y Fundadora (1994) indican que los contenidos de materia orgánica (MO) del suelo disminuyen con el incremento de la profundidad, ya que en la profundidad de 0 a 15 cm ocurre el mayor depósito de la MO por efecto de la acumulación de la hojarasca, la fitomasa subterránea y la cercanía a los lugares de deposición de las excretas.

En la Figura 1 se muestra el almacenamiento de C por superficie a través de los meses de muestreo, donde en marzo se presentó el mayor almacenamiento para el sistema 1 a los 10 y 20 cm ( $0.65$  y  $1.28 \text{ Mg/ha}^{-1}$ ) para después disminuir en los siguientes meses. En el sistema 2 el almacenamiento de C fue mayor en el mes de mayo  $0.67$  y  $0.97 \text{ Mg/ha}^{-1}$  para 10 y 20 cm respectivamente (Figura 2).

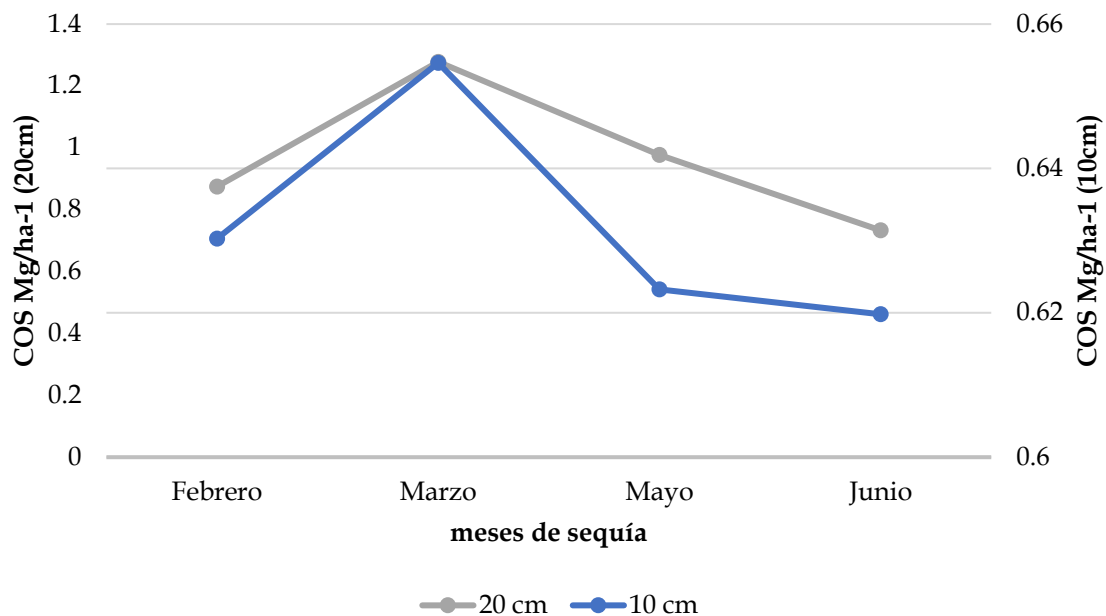


Figura 1. Almacenamiento de C en el sistema 1 a través de los meses de muestreo.

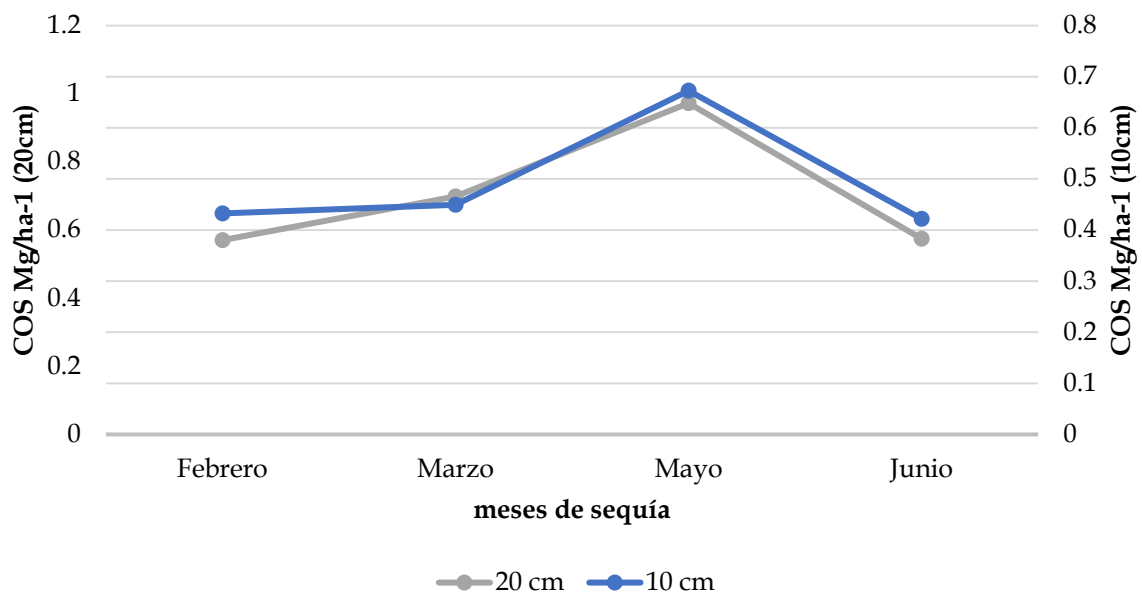


Figura 2. Almacenamiento de C en el sistema 2 a través de los meses de muestreo.

Los valores elevados de COS se encontraron en el sistema 1 debido a que cuenta con mayor cobertura vegetal proporcionada por el acahual, esta aísla el suelo de factores climáticos y la incidencia directa de radiación solar, lo que permite acumular mayor cantidad de COS debido a una menor descomposición de materia orgánica (Alayon-Gamboa *et al.*, 2018; Hernández *et al.*, 2021).

## Relación entre almacenamiento de C y parámetros del suelo.

El análisis de correlación de Pearson para las variables del sistema 1 mostró una correlación positiva entre COS a 20 cm de profundidad y pH a los 10 cm ( $r=0.938$ ,  $P=0.062$ ), Carrasco (1992) menciona que la presencia de MO en el suelo tiende a incrementar el pH cuando el suelo presenta acidez o a disminuirlo cuando el pH del suelo es alcalino. Magdoff *et al.* (1987) encontraron que suelos con bajo nivel de COS generan grandes cambios en la capacidad de tampón del suelo, en suelos con alto COS se generan cambios marginales de capacidad tampón.

En el sistema 2 se presentó una relación estrecha entre el almacenamiento de COS a los 10 cm y 20 cm de profundidad ( $r=0.973$ ,  $P=0.027$ ), es decir, si aumenta el valor de COS ( $\text{Mg}/\text{ha}^{-1}$ ) a los 10 cm, aumenta el valor de COS a los 20 cm de profundidad (Cuadro 3). Hontoria *et al.* (2004) mencionan que diversas prácticas como laboreo mínimo, uso de cubiertas, fertilización, sistemas agroforestales y control de sobrepastoreo aumentan el contenido de COS a largo plazo.

## CONCLUSIONES

La mayor concentración de COS se encuentra en el sistema 1 (milpa + acahual), el manejo del sistema milpa tradicional, promueve la liberación de C hacia la atmósfera, mientras que sistema milpa + acahual favorece la acumulación de C en formas orgánicas dentro del suelo. Los sistemas estudiados presentan diferencia respecto al almacenamiento de C, donde el sistema que se caracteriza por ser acahual tiene un mayor potencial de almacenamiento de C, y al manejarse de manera adecuada podría ser significativamente benéfico para mitigar la emisión de CO<sub>2</sub>, sin embargo, también son los más vulnerables, ya que pueden ser intervenidos continuamente y perder su capacidad de proporcionar servicios ambientales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alayon-Gamboa, J. (2018). Estrategias silvopastoriles para mitigar efectos del cambio climático en sistemas ganaderos del sur de México. *Agro Productividad* 9(9): 10-15.
- Andrade, J. H., & Muhammad, I. (2003). ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles?. *Agrofostería en las Américas* 10 (39-40), 109-116.
- Bartra, A. (2015). *Con los pies sobre la Tierra: Despojo y resistencia en los territorios*. México D. F.: Itaca.
- Borges, G. L. et al. (2001). Manual de prácticas de análisis de suelos. Edo. de México, México: DGETA.
- Cairo, P., & Fundora, O. (1994). Constituyentes principales de la materia vegetal. Cuba, La Habana.: Pueblo y Educación.
- Carrasco, M. A. (1992). El suelo como sistema químico. En: Suelos, una visión actualizada del recurso. Chile: Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38, Universidad de Chile.
- Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J., & Solorio-Sánchez, J. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17 (1): 133-143. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.047>.
- Fang, C., & Moncrieff, J.B. (2005). The variation of soil microbial respiration with depth in relation to soil carbon composition. *Plant Soil* 268: 243-253. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-0278-4>
- González-Molina, L., Etchevers-Barra, J.D., & Hidalgo-Moreno, C. (2008). Carbono en suelos de ladera: factores que deben considerarse para determinar su cambio en el tiempo. *Agrociencia* 42(7): 741-751.
- Hernandez, H. E., Andrade, H., Suarez, J.C., Sanchez, J., Gutierrez, D., & Gutierrez, G.A. (2021). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical* 61(1), 352-368. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42959>
- Magdoff, F.R., Bartlett, R.J., & Ross, D. S. (1987). Acidification and pH buffering of forest soils. *Soil Science Society of America Journal* 51(5): 1384-1386. <https://doi.org/10.2136/sssaj1987.03615995005100050053x>
- Soto-Pinto, L., & Jiménez-Ferrer, G. (2018). Contradicciones socioambientales en los procesos de mitigación, asociados al ciclo del carbono en sistemas agroforestales. *Madera y bosques* 24. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401887>

- Steinbach, H.S., & Álvarez, R. (2006). Changes in soil organic carbon contents and nitrous oxide emissions after introduction of no-till in pampean agroecosystems. *Journal of Environmental Quality* 35 (1): 3-13. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0050>
- Walkey, A., & Black, I. A. (1947). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* (37): 29-38. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>

