



Compiladores:

J. Martín Hernández Ayón  
Cecilia Chapa Balcorta  
Martín A. Bolaños González  
Antonio López Serrano  
Patricia Ibarra Alonso

Puerto Ángel, Oaxaca  
2024



# MEMORIA

Resúmenes  
Cortos

Programa Mexicano del Carbono



**Stanford** | México Clean  
Economy 2050

**THE OCEAN  
FOUNDATION**





# Simposio Internacional del Carbono en México



**PM<sub>C</sub>**  
Programa Mexicano del Carbono  
RED TEMÁTICA DEL CONACYT



**Stanford** | México Clean  
Economy 2050

 **THE OCEAN  
FOUNDATION**

**Programa Mexicano del Carbono, A.C.**

Calle Morelos No. 17

Colonia San Simón, C.P. 56210

Texcoco, Estado de México, México

---

[www.pmcarbono.org](http://www.pmcarbono.org)

Esta obra fue elaborada por el Programa Mexicano del Carbono (PMC).

Se prohíbe la reproducción parcial o total de esta obra, por cualquier medio.

XV SIMPOSIO INTERNACIONAL DEL  
CARBONO EN MÉXICO

MEMORIA DE  
RESÚMENES CORTOS

**J. Martín Hernández Ayón, Cecilia Chapa Balcorta,  
Martín A. Bolaños González, Antonio López Serrano y  
Patricia Ibarra Alonso**  
Compiladores

Programa Mexicano del Carbono

Puerto Ángel, Oaxaca, México

Octubre 2024

# CONTENIDO

## Sección 1

### ATMÓSFERA

1

- 1.1. Evaluación del impacto económico y ambiental de la inserción del sector ganadero bovino del Valle de Tulancingo en el mercado de créditos de carbono 2
- 1.2. Respuesta de la partición de la evapotranspiración y la humedad del suelo en un agrosistema en el Valle del Yaqui 3
- 1.3. Dinámica Vertical del Flujo de Carbono observado con covarianza de vórtices en Bosques Tropicales Secos: Explorando la variación de Patrones Espaciales 4
- 1.4. Propuesta de evaluación del potencial de calentamiento global en el Sur de Sonora 5
- 1.5. Predicción de CO<sub>2</sub> con aprendizaje automático para rellenar datos cuando existe baja velocidad de fricción 6

## Sección 2

### BIOENERGÍA

7

- 2.1. Uso de estufas ecológicas como alternativa para la reducción de emisiones de GEI en zonas rurales 8

## Sección 3

### DIMENSIÓN SOCIAL

9

- 3.1. Clarificar agua y fuente de alimento, una propuesta de servicios ecosistémicos del nopal para Argentina 10
- 3.2. Lechuguilla y servicios ecosistémicos, ejido Presa de San Antonio: El camino hacia el desarrollo sostenible 11

## Sección 4

### ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

13

4.1.	Materia orgánica disuelta cromofórica en lagos kársticos tropicales con diferente estado trófico	14
4.2.	Biomasa fitoplanctónica en dos lagos tropicales de alta montaña	15
4.3.	Carbono orgánico disuelto en dos lagos tropicales de alta montaña	16
4.4.	Influencia de la profundidad y el estado trófico en el flujo de gases de efecto invernadero (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O) en lagos kársticos tropicales	17
4.5.	Cambios estructurales del fitoplancton para el Sur del Golfo de California como respuesta a la variabilidad climática	18

## Sección 5

### ECOSISTEMAS COSTEROS

19

5.1.	Comportamiento biogeoquímico de una Laguna Costera restringida receptora de aguas residuales agrícolas y camaronícolas en el Golfo de California	20
5.2.	Intercambio de carbono orgánico particulado entre la laguna Santa María y el golfo de California	21
5.3.	Línea base del carbono almacenado en biomasa aérea y sedimento en manglares del noroeste de México	22
5.4.	Cambios en las emisiones de carbono del suelo de un manglar en restauración del norte de Veracruz	23
5.5.	Manglares frente al cambio climático: Potencial de mitigación de la conservación en Áreas Naturales Protegidas de la Península de Yucatán, México	24
5.6.	Caída de hojarasca de los manglares del Área Natural Protegida Manglares de Nichupté	25
5.7.	Variabilidad temporal y espacial de los almacenes de carbono en praderas marinas del Caribe Mexicano	26
5.8.	Captura de carbono aéreo en manglares del noreste de la Península de Yucatán	27

5.9.	Flujos verticales de CO <sub>2</sub> en un manglar de cuenca dominados por la respiración del ecosistema	28
5.10.	Pérdida de CaCO <sub>3</sub> en arrecifes: El efecto de la bioerosión	29
5.11.	Primera caracterización de los sedimentos marinos en Bahías de Huatulco, Oaxaca	30
5.12.	Producción de biomasa bacteriana autótrofa y heterótrofa en columna de agua de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz	31

## Sección 6

# ECOSISTEMAS MARINOS 33

6.1.	Variabilidad superficial temporal de variables del sistema del CO <sub>2</sub> en la Bahía Todos Santos, Ensenada	34
6.2.	Cambios termohalinos estacionales en el pacífico mexicano	35
6.3.	Características oceanográficas durante episodios cálidos extremos y su influencia en las comunidades de fitoplancton en Bahía de La Paz, Golfo de California	36
6.4.	El calentamiento y la acidificación del océano comprometen la fecundación en equinodermos: el caso de dos erizos de mar de la costa de Oaxaca	37
6.5.	Carbonato de calcio removido por moluscos perforadores (Mollusca: Bivalvia) en <i>Pocillopora capitata</i> y <i>Pavona gigantea</i> en el arrecife de Las Dos Hermanas, Oaxaca, México	38
6.6.	Distribución vertical de dos variables del sistema de carbonatos en el Golfo de Tehuantepec, México durante un evento Tehuano	39

## Sección 7

# ECOSISTEMAS TERRESTRES 41

7.1.	Deterioro y Conservación de Pastizales en Tepezalá, Aguascalientes: Un Estudio sobre el Almacenamiento de Carbono	42
7.2.	Almacenamiento de carbono en un matorral xerófilo como mapa base para la conservación	43
7.3.	Aportación de árboles exóticos en la captura de carbono en bosques urbanos de Xalapa, Veracruz	44

7.4.	Bosques de coníferas en riesgo: Evaluando el papel del cambio climático en la distribución de la densidad de carbono de biomasa aérea de los bosques de México	45
7.5.	Carbono aéreo almacenado en una plantación forestal comercial de <i>Pinus pseudostrabus</i>	46
7.6.	Modelo espacial para determinar zonas de peligro por incendios forestales en una microcuenca en Chiapas	47
7.7.	Cuantificación de volumen, biomasa y contenido de carbono en <i>Pinus lawsonii</i> Roezl	48
7.8.	Dinámica de carbono en bosques manejados de San Pedro El Alto, Oaxaca	49
7.9.	Cuantificación de carbono orgánico en suelos con sistemas agroforestales de café en Huatusco Veracruz, México	50
7.10.	Distribución tridimensional del carbono orgánico del suelo en la ladera oeste del volcán Tláloc, Sierra Chichinautzin, Centro de México	51
7.11.	Ajuste de ecuaciones alométricas para cuantificar carbono en <i>Agave salmiana</i> en el estado de Hidalgo	52
7.12.	Dinámica de la expansión y contracción radial de leguminosas en un bosque tropical seco: un análisis eco-dendrológico	53

## Sección 8

# SISTEMAS AGROPECUARIOS 55

8.1.	Carbón Farming MED: Impulsando la agricultura resiliente en el Mediterráneo a través del cultivo de Carbono como modelo de negocios	56
8.2.	Modelo CLEANED para simular GEI y flujo de Carbono en sistemas bovinos leche en México	57
8.3.	Caracterización de sistemas silvopastoril dentro de la Cuenca del río Usumacinta, Tenosique, Tabasco	58
8.4.	Carbono orgánico del suelo en cafetales del centro de Veracruz en un gradiente altitudinal	59
8.5.	Revisión: Almacén de Carbono en Sistemas agroforestales de café como alternativa ante el cambio climático	60
8.6.	Indicadores para la evaluación de una dieta sostenible	61

- 8.7. Emisiones de óxido nitroso en caña de azúcar: ¿Es posible permanecer en concentraciones límite permitidas? 62
- 8.8. Distribución del carbono orgánico en cafetales de la Sierra Madre de Chiapas: efectos de la altitud y el tipo de cafetal 63





Sección 1  
**ATMÓSFERA**



## 1.1. Evaluación del impacto económico y ambiental de la inserción del sector ganadero bovino del Valle de Tulancingo en el mercado de créditos de carbono

Gómez-Sánchez Jorge A.<sup>1,\*</sup>; Martínez-Hernández Sylvia<sup>1</sup>; Bravo-Cadena Jessica<sup>1</sup> y Razo-Zarate Ramón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Carboneras, El Álamo, Hgo.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Rancho Universitario, Av. Universidad Km. 1 Ex-Hda. de Aquetzalpa AP 32, Tulancingo. Hgo.

\*Autor para correspondencia: jorgegomezsanchez.jg@gmail.com

### Resumen

El principal gas de efecto invernadero generado por la industria ganadera es el metano (CH<sub>4</sub>), el cual tiene un potencial de calentamiento veintitún veces mayor que el CO<sub>2</sub>, y cuyas fuentes de generación son la fermentación entérica y la gestión del estiércol, por lo que su reducción contribuirá a la desaceleración del cambio climático. En el Valle de Tulancingo, Hidalgo, la principal actividad económica es la producción de lácteos, existiendo establecimientos que generan hasta 300 toneladas de productos lácteos anuales. Se calculó el factor de emisión del CH<sub>4</sub> por la gestión del estiércol bajo las condiciones actuales de la región, y utilizando información del SIAP, se hizo una estimación de la cantidad de CH<sub>4</sub> generado durante el año 2021 en el distrito de Tulancingo y del estado de Hidalgo. Los cálculos se hicieron a partir del levantamiento de encuestas en 12 establos de ganado bovino en la zona de estudio, recopilando información referente a los métodos de crianza, datos económicos, medio ambiente y sociedad. Usando metodología del IPCC para la realización de inventarios de emisiones, se obtuvo un factor de emisión de 1.92 kg CH<sub>4</sub>/cabeza de ganado\*año, estimándose en 228000.0 kg de CH<sub>4</sub> emitidos por los establos analizados. Con los datos obtenidos se evalúa la viabilidad de integrar a los establecimientos ganaderos de la región en el mercado de créditos de carbono por medio de la conversión del CH<sub>4</sub> a CO<sub>2</sub> con la ayuda de biodigestores.

**Palabras clave:** *metano, gestión de estiércol, cambio climático.*

## 1.2. Respuesta de la partición de la evapotranspiración y la humedad del suelo en un agrosistema en el Valle del Yaqui

Luque-Apodaca Heira L.<sup>1,\*</sup>; Yépez Enrico A.<sup>1</sup>; Uuh-Sonda J.<sup>1</sup>; Garatuza-Payan J.<sup>1</sup> y Sánchez-Mejía Zulia M.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818 sur, Colonia Centro, CP 85000, Ciudad Obregón, Sonora

\*Autor para correspondencia: heira.luque207737@potros.itson.edu.mx; zulia.sanchez@itson.edu.mx

### Resumen

En el Valle del Yaqui, Sonora, el riego por inundación es común, pero enfrenta desafíos de eficiencia y sostenibilidad debido a pérdidas de agua por evaporación y escorrentía. Para mejorar el monitoreo del agua, se estableció el Observatorio Ecohidrológico del Valle del Yaqui (OEVY) en colaboración con el PIEAES A.C.), formando parte del Laboratorio Nacional CONAHCYT MexFlux. El objetivo es integrar metodologías avanzadas para estimar la humedad del suelo a escala parcela y particionar la evapotranspiración (ET). El OEVY emplea un sistema de covarianza de vórtices (Eddy Covariance) para cuantificar la ET real y un Sensor de Neutrones de Rayos Cósmicos (CRNS) para estimar el contenido volumétrico de agua (CVA) en el suelo, una variable clave para comprender la dinámica del agua en la zona radicular de los cultivos. Además, se utilizan sensores micrometeorológicos y se implementan protocolos estandarizados para el procesamiento de datos con control de calidad. Para la partición de la ET, se aplicó el modelo underlying water use efficiency (uWUE), que utiliza la productividad primaria bruta (GPP) para separar la transpiración (T) de la evaporación (E). Durante el ciclo de trigo invierno-primavera 2023-2024, el CVA aumentó hasta ~45% tras la irrigación, disminuyendo a ~15% antes del siguiente riego. La ET total fue de 842.82 mm, con un 57% atribuido a la transpiración (485 mm) y un 42% a la evaporación (357 mm). Estos resultados destacan la necesidad de mejorar la eficiencia del uso del agua en el Valle del Yaqui, optimizando las prácticas de riego y promoviendo la sostenibilidad agrícola. Se recomienda seguir observando ciclos adicionales para validar el modelo y analizar las variables micrometeorológicas influyentes.

**Palabras clave:** *Sensor de Neutrones de Rayos Cósmicos; Covarianza de vórtices; Partición de evapotranspiración; PIEAES (Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora)*

### 1.3. Dinámica Vertical del Flujo de Carbono observado con covarianza de vórtices en Bosques Tropicales Secos: Explorando la variación de Patrones Espaciales

Madueño-Moreno Myrbeth<sup>1,\*</sup>; Sánchez-Mejía Zulia M.<sup>1</sup>; Garatuza-Payán Jaime<sup>1</sup> y Yépez- Enrico A.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818 sur, Colonia Centro, CP 85000, Ciudad Obregón, Sonora

\*Autor para correspondencia: myrbeth.madueno204945@potros.itson.edu.mx; enrico.yopez@potros.itson.edu.mx

#### Resumen

La Productividad Neta del Ecosistema (PNE) refleja el balance de CO<sub>2</sub> en los ecosistemas, indicando la ganancia de carbono. Se calcula restando la Respiración del Ecosistema (Reco), que libera CO<sub>2</sub>, de la Productividad Primaria Bruta (PPB), que lo captura mediante la fotosíntesis. Este equilibrio depende de factores como la estructura vegetal, la biodiversidad, los disturbios y el clima. Este estudio examina la PNE y sus componentes en un bosque tropical seco (BTS) en el noroeste de México, caracterizado por un clima cálido, árboles adaptados a la sequía y una estructura heterogénea. Se analizaron seis años de datos de flujos ecosistémicos para comprender cómo las diferencias estructurales en áreas de sucesión ecológica (madura y secundaria) influyen en la PNE. Se recopilaron datos de flujos de carbono usando la técnica de covarianza de vórtices en dos observatorios eco-hidrológicos, procesados con el software Eddy Pro-7.0.8. Para estimar la PNE, PPB y Reco se utilizó la herramienta REddyProc y para definir las áreas de procedencia de los flujos se utilizó la metodología de Kljun y colaboradores desarrollada en 2015. Los resultados preliminares muestran patrones consistentes en dos áreas de procedencia (Suroeste y Noroeste) en ambos sitios. En el sitio maduro, la Reco es mayor que la PPB en el Noroeste, mientras que en el Suroeste ambos valores son inconsistentes. En el sitio secundario, Reco y PPB son similares en el Noroeste, pero en el Suroeste la PPB es mayor. Estos hallazgos destacan el papel de la heterogeneidad en los estados de sucesión del BTS y su impacto en el almacenamiento de carbono.

**Palabras claves:** *Área de procedencia, Estructura, Productividad Primaria Bruta, Respiración del Ecosistema.*

## 1.4. Propuesta de evaluación del potencial de calentamiento global en el Sur de Sonora

**Benítez-López Joseline<sup>1,\*</sup>** y Yépez Enrico A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora, México.

\*Autor para correspondencia: joseline.benitez@itson.edu.mx

### Resumen

El estado de Sonora debido a su posición geográfica, alto grado de exposición a fenómenos climáticos extremos y escasa capacidad de adaptación en los sectores hídrico, agropecuario y energético, es altamente vulnerable a las consecuencias del cambio climático. Sin embargo, el potencial de calentamiento global asociado a los diversos sectores puede variar mucho de una región a otra debido a la extensión del estado, la diversidad de ecosistemas, las presiones sobre los recursos naturales, la distribución de la población y de las actividades productivas y económicas. Para enfrentar este problema, se requiere contar a nivel subnacional con el monitoreo y registro de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que permitan desarrollar estrategias locales de mitigación y adaptación al cambio climático. De acuerdo con el inventario del PECC 2021, la entidad genera un promedio anual de 33.95 MtMCO<sub>2</sub>e. Donde el sector energético es el que mayor contribuye con el 66.7% de las emisiones, seguido del sector AFOLU con 11%, el agropecuario con 8.5%, la industria 7.3% y residuos con 6.5. Las cifras de los inventarios de GEI con los que contamos actualmente se generaron en su mayoría a partir de datos estandarizados del IPCC (Tier 1), que no reflejan la realidad nacional y mucho menos las diferencias estatales e interestatales. Por lo que el propósito de este trabajo es proponer una estrategia para evaluar el potencial de calentamiento global de las actividades productivas y económicas del sur de Sonora. Se propone emplear herramientas como los análisis de ciclos de vida aplicados a actividades del sector primario como agricultura, ganadería y acuicultura, así como análisis con sistemas dinámicos para la evaluación de sectores como energía, industria y residuos, mediante la consulta de bases de datos y modelos de estimación de emisiones desarrollados por tipo de actividad en cada sector; en complemento a las guías metodológicas de IPCC.

**Palabras clave:** *emisiones, análisis de ciclos de vida, sistemas dinámicos*

## 1.5. Predicción de CO<sub>2</sub> con aprendizaje automático para rellenar datos cuando existe baja velocidad de fricción

Guevara-Escobar Aurelio<sup>1,\*</sup>; Cervantes-Jiménez Mónica<sup>1</sup>; Queijeiro-Bolaños Mónica E.<sup>1</sup>; Carrillo-Ángeles Israel G.<sup>1</sup> y Suzán-Azpiri Humberto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Boulevard de las Ciencias s/n, Juriquilla, CP 76130, Querétaro, Querétaro.

\*Autor para correspondencia: guevara@uaq.mx

### Resumen

Medir de flujos de carbono, agua y energía es fundamental para entender el papel de los ecosistemas en la disponibilidad de agua, la mitigación y adaptación al cambio climático, así como para el manejo del uso de suelo y la cobertura vegetal. La técnica de covarianza de vórtices (EC) es la más robusta para la cuantificación de estos flujos. Sin embargo, los datos obtenidos pueden no ser de calidad cuando la turbulencia del viento es insuficiente. Usamos el algoritmo de aprendizaje automático por impulso de gradientes (XGBoost) para modelar el CO<sub>2</sub> medido por EC. Se entrenaron tres modelos: 1) usando valores de CO<sub>2</sub> con velocidad de fricción ( $u^*$ ) menor a  $0.6 \text{ m s}^{-1}$ , 2) con valores de  $u^*$  menor a  $1.0 \text{ m s}^{-1}$  y 3) con la base completa. Los modelos se evaluaron con registros EC con  $u^* > 1 \text{ m s}^{-1}$  o con datos de  $u^*$  faltantes (NA) en el periodo de 4 a 6 am. El mejor modelo para rellenar datos faltantes de CO<sub>2</sub> o de mala calidad, fue usando la base de datos completa (devianza = 37.74 y 47.67), comparado con el modelo basado en registros con  $u^* < 0.6$  (98.76 y 236.83) o  $u^* < 1.0$  (81.73 y 117.89). Las variables más importantes en el modelo fueron la temperatura del suelo y el déficit de presión de vapor cuyos valores altos influyeron en menor contenido de CO<sub>2</sub> atmosférico. El algoritmo XGBoost resultó útil para rellenar datos de EC cuando no se cumple con la calidad de  $u^*$ .

**Palabras clave:** *Covarianza de vórtices; QC; XGBoost*

Sección 2

# BIOENERGÍA



## 2.1. Uso de estufas ecológicas como alternativa para la reducción de emisiones de GEI en zonas rurales

García-Martínez R.<sup>1,\*</sup>; Rodríguez-Soto J.M.<sup>2</sup>; Pérez-Suárez M.<sup>3</sup>; Carrillo-Arizmendi L.<sup>3</sup> y Montoya-Jiménez J.C.<sup>1</sup>;

<sup>1</sup>División de Ingeniería Forestal, Tecnológico Nacional de México- TES Valle de Bravo. Carretera Federal Monumento-Valle de Bravo, km 30, Ejido San Antonio de la Laguna, CP 51200, Valle de Bravo, Estado de México.

<sup>2</sup>División de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México- TES Valle de Bravo. Carretera Federal Monumento-Valle de Bravo, km 30, Ejido San Antonio de la Laguna, CP 51200, Valle de Bravo, Estado de México.

<sup>3</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx). El Cerrillo Piedras Blancas, Estado de México 50200, México.

\*Autor para correspondencia: [rgm1117@gmail.com](mailto:rgm1117@gmail.com).

### Resumen

En las comunidades rurales de México se utiliza como fuente de energía para las actividades domésticas, la combustión de leña de diferentes especies de árboles y arbustos de acuerdo con el tipo de vegetación predominante en la zona geográfica donde se localiza la población. Históricamente, los implementos para la combustión de esta leña han sido principalmente los fogones de tres piedras, sin embargo, estos tienen el inconveniente de generar una gran cantidad de humo que afecta la salud humana, además de emitir cantidades considerables de GEI. Las estufas ecológicas mejoradas representan una mejor opción, ya que optimizan la combustión de madera reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> a la par de mejorar las condiciones de vida de las personas que las utilizan, sin embargo, aún es necesario extender su uso a una mayor cantidad de familias en la zona rural. La energía proveniente de la quema de biomasa seguirá utilizándose en un futuro debido al incremento en el precio de los hidrocarburos, por lo que es necesario continuar mejorando la eficiencia energética de las estufas ecológicas implementando mejoras tecnológicas que reduzcan las emisiones de GEI. Lo anterior permitirá reducir la sobre-extracción de leña de los bosques; y mejor aún si de manera simultánea se crean planes de suministro eficiente de leña a través del uso de los residuos de aprovechamientos forestales, se establecen plantaciones dendroenergéticas y se aprovechan los residuos de la actividad agrícola. Esto con la finalidad de contribuir al aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables.

**Palabras clave:** *dendroenergía, energía de biomasa, ecoestufas, gases de efecto invernadero*

Sección 3

DIMENSIÓN  
SOCIAL



### 3.1. Clarificar agua y fuente de alimento, una propuesta de servicios ecosistémicos del nopal para Argentina

**González-Maldonado Ma. Guadalupe**<sup>1,\*</sup>; Silos-Espino Héctor<sup>1</sup>; Torres-Ruiz Sandra M.<sup>1</sup>; Rigalli Alfredo<sup>2</sup>; Lupo Maela<sup>2</sup>; De Fazio-Seris Natalia<sup>2</sup>; Baron Carolina<sup>2</sup>; Luquez Mariel A.<sup>2</sup>; Ghione-Avram Ana E.<sup>2</sup>; Segura-Bernal Gerardo<sup>3</sup>; Torres-González Jorge A.<sup>3</sup> y Acero-Godínez Ma. Guadalupe<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km 18 carretera Aguascalientes a San Luis Potosí, El Llano, C.P. 20330. Aguascalientes, México.

<sup>2</sup>Centro Universitario de Estudios Medioambientales (CUEM), Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Rosario. Santa Fe 3100. C.P. 2000. Rosario, Argentina.

<sup>3</sup>Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Posta Zootécnica C.P. 20920. Jesús María, Aguascalientes, México.

\*Autor para correspondencia: [gpmaldonado2016@gmail.com](mailto:gpmaldonado2016@gmail.com)

#### Resumen

México cuenta con nopaleras silvestres, de verdura, de tuna y de forraje que suman alrededor de 1.6 millones de hectáreas. Son muy variados los servicios ecosistémicos que se aprovechan del nopal (tuna): regula la calidad del aire, captura carbono en tierras agrícolas con disminución de fertilidad, es alimento para humanos y ganado debido a que fija CO<sub>2</sub> en la fase nocturna de su ciclo metabólico, transformándolo en carbohidratos y otros nutrientes y clarifica el agua turbia. Este último es un conocimiento ancestral transmitido por grupos originarios de zonas áridas y semiáridas. En contraste, en la Argentina los escasos cultivos de nopal se limitan al noroeste del país, destinándolos solamente como forraje. Con la expansión de los cultivos, los argentinos pudieran beneficiarse del nopal como una alternativa para remediar los suelos empobrecidos por el cultivo de la soja; integrarlo en su dieta, ya que además de ser un excelente alimento, tiene componentes benéficos para la salud que actúan como hipoglucemiantes, hipocolesterolémicos, hepatoprotectores, anticarcinogénicos, antioxidantes, antiinflamatorios, bactericidas, antivirales, antiobesidad e inmunomoduladores; o bien, utilizarlo para clarificar fuentes de abastecimiento de agua. Hay comunidades en el Delta del río Paraná que no cuentan con servicio de potabilización del agua para consumo. El objetivo de este trabajo fue encontrar las mejores condiciones para clarificar el agua del río Paraná en su trayecto por Rosario, Argentina y el agua de la Presa San Antonio en Parras, Coahuila, México, empleando especies locales de nopal, realizando además el análisis de las propiedades nutricionales de dichas especies.

**Palabras clave:** *coagulante natural; Río Paraná; Presa San Antonio; Brasilopuntia brasiliensis; Opuntia rastrera.*

### 3.2. Lechuguilla y servicios ecosistémicos, ejido Presa de San Antonio: El camino hacia el desarrollo sostenible

**Torres-Ruiz Sandra M.**<sup>1,\*</sup>; González-Reyes Mónica<sup>1</sup>; González-Maldonado Ma. Guadalupe<sup>1</sup>; De Velasco-Reyes Isabel<sup>1</sup>; Cruz-Vázquez Carlos<sup>1</sup> y Torres-González Jorge A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico el Llano Aguascalientes. Km 18 carretera Aguascalientes a San Luis Potosí. El Llano. C.P. 20330. Aguascalientes, México.

<sup>2</sup>Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Km 8.5 Carretera Jesús María a La Posta Zootécnica. C.P. 20920 Jesús María, Aguascalientes, México.

\*Autor para correspondencia: sandra.torres.ruiz84@gmail.com

#### Resumen

El suelo es una gran fuente de almacén de carbono. El servicio ecosistémico (SE) que ofrece como sostén de la vegetación es por demás importante cuando se trata de zonas áridas y semiáridas. El objetivo de este trabajo fue conocer el tipo de suelo e identificar los SE ofrecidos por la planta lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) cuyo hábitat es el ejido Presa de San Antonio, en Parras de la Fuente, Coahuila, México. Como primer paso, se realizó una regionalización morfoedafológica del área. Se utilizaron técnicas de análisis espacial y los softwares ArcGIS y R. Se obtuvo que los suelos del ejido son principalmente Leptosol (77.8 %) y Calcisol (22.2 %), con vegetación predominante de matorral desértico rosetófilo (57%) y micrófilo (34%). La biomasa de carbono varió entre 1 y 32 t C/ha. La lechuguilla tiene un papel preponderante, ya que uno de los SE que aporta es el de abastecimiento, como fuente de alimento sobre todo en la época de estiaje. En su centro crece un escapo floral (quiote) que consume el ganado caprino y principalmente el bovino, siendo una de las escasas fuentes de nutrientes a las cuales tienen acceso. Otros SE son: captación de CO<sub>2</sub>, evitar la erosión del suelo, ser soporte de formas de vida, ser depósito de agua y ser proveedora de ixtle. La forestación con lechuguilla y el control del pastoreo, pudieran ser medidas para la gestión sostenible de la tierra, haciendo frente a la degradación del suelo, antes de que este proceso sea irreversible.

**Palabras claves:** *erosión del suelo; ejido; Quiote; Agave lechuguilla Torr; zonas áridas.*



A grayscale photograph of a rocky coastline. In the foreground, there are gentle waves with small ripples. In the middle ground, several large, craggy rock formations rise from the water. The sky is a uniform, light gray, suggesting an overcast day. The overall tone is muted and naturalistic.

Sección 4  
ECOSISTEMAS  
ACUÁTICOS

## 4.1. Materia orgánica disuelta cromofórica en lagos kársticos tropicales con diferente estado trófico

Soria-Reinoso Ismael<sup>1</sup>; Alcocer Javier<sup>2,\*</sup>; Sánchez-Carrillo Salvador<sup>3</sup>; Vargas-Sánchez Mariana<sup>1</sup>; Rivera-Herrera E. Montserrat<sup>1</sup>; Fernández Rocío<sup>2</sup> y Oseguera Luis A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación en Limnología Tropical, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. de los Barrios 1, Los Reyes Iztacala, C.P. 54090, Tlalnepantla, Estado de México.

<sup>3</sup>Departamento de Biogeoquímica y Ecología Microbiana, Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC (MNCN-CSIC), Serrano 115 Bis, E-28006 Madrid, España.

\*Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

### Resumen

La materia orgánica disuelta coloreada o cromofórica (CDOM) juega un papel crucial en el ciclo global del carbono, sin embargo, su dinámica en lagos tropicales mexicanos, particularmente en relación con la eutrofización, sigue siendo poco conocida. Este estudio utilizó espectroscopía de absorción para caracterizar las variaciones estacionales y espaciales de las propiedades ópticas de la CDOM en tres lagos kársticos con diferente estado trófico (creciente, en Tzisco, San José y San Lorenzo, respectivamente) situados en el Parque Nacional “Lagunas de Montebello”, Chiapas. Los resultados muestran un incremento significativo de la concentración de CDOM con la eutrofización. En Tzisco, durante el periodo de estratificación, la mayor transparencia del agua fomenta la oxidación fotoquímica de la materia orgánica alóctona, lo que favorece la acumulación de compuestos de bajo peso molecular y menor grado de aromaticidad en el epilimnion. Durante la circulación se produce una acumulación de CDOM en la capa media, asociada a una mayor actividad microbiana, junto con una mayor concentración de CDOM de alto peso molecular en la zona profunda, debida a un aumento de la resuspensión de sedimento. En la temporada de lluvias, los lagos San José y San Lorenzo, más eutróficos, presentaron una CDOM predominantemente alóctona y más aromática derivada de la escorrentía superficial, mientras que en la temporada seca prevalece la CDOM autóctona. San Lorenzo mostró concentraciones elevadas de CDOM en el epilimnion, atribuibles a la escorrentía agrícola y a una mayor biomasa fitoplanctónica.

**Palabras clave:** *CDOM; eutrofización; propiedades ópticas; Chiapas; México. plantaciones forestales comerciales*

## 4.2. Biomasa fitoplanctónica en dos lagos tropicales de alta montaña

Fernández Rocío<sup>1</sup>; Alcocer Javier<sup>1,\*</sup>; Oseguera Luis A.<sup>1</sup> y Zúñiga Catriona<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Limnología Tropical, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, México.

\*Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

### Resumen

Los lagos de alta montaña (LAM) son ecosistemas remotos y extremadamente sensibles a los cambios ambientales. Los LAM El Sol y La Luna se ubican a 4,200 m s.n.m. al interior del cráter del volcán Nevado de Toluca. Son ecosistemas que imponen condiciones extremas a la biota acuática como bajas temperaturas, intensa radiación solar y ultravioleta, aguas muy diluidas y con pocos nutrientes. Este trabajo evaluó la dinámica temporal de la biomasa y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas de estos dos ecosistemas extremos. Al mismo tiempo, se midieron las principales variables meteorológicas y limnológicas. A pesar de su cercanía, los lagos resultan ser fisicoquímica y biológicamente diferentes. La biomasa promedio en El Sol ( $19.3 \pm 45.5 \mu\text{m}^3 \text{L}^{-1}$ ) fue el doble del de La Luna ( $8.1 \pm 11.6 \mu\text{m}^3 \text{L}^{-1}$ ). Estacionalmente, en El Sol la biomasa fitoplanctónica aumentó en la época cálida de lluvias con un máximo en abril, mientras que en La Luna lo hizo en la época fría de secas con un máximo en octubre. La mayor biomasa en El Sol la aportaron las especies *Peridinium willei*, *Fragilaria crotonensis* y *Botryococcus braunii*, mientras que en La Luna fueron *Gymnodinium lacustre* y *Mougeotia viridis* las especies que más biomasa aportaron.

**Palabras clave:** *fitoplancton; biomasa; limnología; ambientes extremos; Estado de México; México*

### 4.3. Carbono orgánico disuelto en dos lagos tropicales de alta montaña

Rivera-Herrera Montserrat<sup>1</sup>; Alcocer Javier<sup>2,\*</sup>; Soria-Reinoso Ismael<sup>1</sup>; Vargas-Sánchez Mariana<sup>2</sup> y Oseguera Luis A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación en Limnología Tropical, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. de los Barrios 1, Los Reyes Iztacala, C.P. 54090, Tlalnepantla, Estado de México.

\*Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

#### Resumen

Se evaluó la concentración del carbono orgánico disuelto (COD) en los únicos lagos de alta montaña (LAM) en México: El Sol y La Luna, en el Nevado de Toluca, durante un periodo anual de marzo de 2022 a marzo de 2023. Las muestras fueron tomadas mensualmente en superficie y fondo de cada lago, así como también el registro de variables ambientales. Las concentraciones de COD en El Sol fueron 4 veces mayores ( $7.9 \pm 1.6 \text{ mg L}^{-1}$ ) a los de La Luna ( $1.8 \pm 0.9 \text{ mg L}^{-1}$ ), debido, probablemente, al mayor aporte de carbono orgánico autóctono, es decir a que El Sol presenta condiciones de oligotrofia en comparación con las de ultraoligotrofia de La Luna. Durante la época de secas las concentraciones de COD se encontraron por encima de la media de cada lago,  $8.3 \pm 1.7 \text{ mg L}^{-1}$  en El Sol y  $2.1 \pm 1.2 \text{ mg L}^{-1}$  en la Luna, debido a los vientos que en esta temporada aportan compuestos orgánicos provenientes de tierras agrícolas que rodean la base del volcán.

**Palabras clave:** *COD; lagos de alta montaña; Nevado de Toluca; México.*

#### 4.4. Influencia de la profundidad y el estado trófico en el flujo de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) en lagos kársticos tropicales

Vargas-Sánchez Mariana<sup>1,\*</sup>; Alcocer Javier<sup>1</sup>; Sánchez-Carrillo Salvador<sup>2</sup>; Oseguera-Pérez Luis<sup>1</sup>; Rivera-Herrera Montserrat<sup>3</sup> y Soria-Reinoso Ismael<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Departamento de Biogeoquímica y Ecología Microbiana, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (MNCN-CSIC).

<sup>3</sup>Programa de Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

\*Autor para correspondencia: marvargas@ciencias.unam.mx

##### Resumen

Los ecosistemas acuáticos epicontinentales son fuentes importantes de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera a nivel mundial. Las emisiones de GEI están estrechamente relacionadas con el estado trófico y con la profundidad de los cuerpos de agua. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue estimar la emisión de GEI tanto en la zona litoral como en la profunda de tres lagos kársticos del Parque Nacional “Lagunas de Montebello” con distinto estado trófico. El estudio se llevó a cabo durante la temporada fría/seca (enero de 2022). Los flujos de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se midieron utilizando cámaras flotantes dinámicas y la concentración dentro de cada cámara fue estimada por espectroscopia fotoacústica. Los tres lagos actuaron como fuente de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> y como sumidero de N<sub>2</sub>O. Únicamente el flujo de CH<sub>4</sub> presentó variación entre la zona profunda y el litoral. La estimación de emisiones en CO<sub>2eq</sub> muestra que Tzisco contribuye significativamente a las emisiones de GEI en comparación con San Lorenzo y San José.

**Palabras clave:** *GEI, lagos kársticos, eutrofización, Chiapas, México*

## 4.5. Cambios estructurales del fitoplancton para el Sur del Golfo de California como respuesta a la variabilidad climática

Acevedo-Acosta Juan D.<sup>1,\*</sup>; Cervantes-Duarte Rafael<sup>1</sup> y González-Rodríguez Eduardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional. CICIMAR, La Paz., B.C.S., México

<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior, Unidad UT3, Tepic, Nayarit, México

\*Autor de correspondencia: juandavid-88@hotmail.com

### Resumen

En años recientes se ha documentado como el calentamiento de las zonas costeras está afectando la eficiencia de la bomba biológica de carbono (BBC), la ecología y fenología del fitoplancton. Es necesario comprender como las variables hidrográficas y climáticas están modificando la composición fitoplanctónica en la Bahía de La Paz (BCS) bajo un contexto de calentamiento, y cómo esto se verá reflejado en la eficiencia de BBC. Se recopiló información bibliográfica de los últimos 20 años del fitoplancton de la región, que se complementó con datos in situ (2022-2023). Adicionalmente, se analizó las condiciones oceanográficas, climáticas y productividad primaria neta (PPN) entre 2003-2023, a las cuales se les realizó un análisis de tendencia, y se correlacionaron con los datos biológicos (fitoplancton). La temperatura superficial del mar mostró una tendencia al alza mientras que la profundidad de la capa de mezcla (PCM) y la PPN mostraron una tendencia a la baja. Se observó un aumento gradual de los dinoflagelados en comparación con las diatomeas. Ante la influencia de la fase negativa del NPGO y transición de Niña a Niño (2022 – 2023), se observó una disminución de los vientos del noroeste, una fuerte estratificación y el ingreso temprano de agua oligotrófica de origen tropical. Condición que causó una reducción en la abundancia fitoplanctónica y favoreció el crecimiento de los dinoflagelados sobre las diatomeas. Se concluye que, a medida que siga aumentando la temperatura, las condiciones hidrográficas tendrán un impacto negativo sobre la BBC, así como en la estructura y fenología del fitoplancton.

Palabras clave: *Bomba biológica de carbono, cambio climático, variabilidad climática, composición fitoplanctónica, dinoflagelados.*

A grayscale photograph of a rocky coastline. In the foreground, the ocean surface is covered in small, rhythmic waves. In the middle ground, several large, craggy rock formations protrude from the water. The sky is a uniform, light gray, suggesting an overcast day. The overall composition is serene and naturalistic.

Sección 5

**ECOSISTEMAS**

**COSTEROS**

## 5.1. Comportamiento biogeoquímico de una Laguna Costera restringida receptora de aguas residuales agrícolas y camaronícolas en el Golfo de California

Medina-Galvan Julio<sup>1,\*</sup>; Arreola-Lizárraga José A.<sup>2</sup>; Ruiz-Ruiz Thelma M.<sup>3</sup> y Padilla-Arredondo Gustavo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Clausen s/n, Col. Los Pinos, 80000 Mazatlán, Sinaloa, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Unidad Sonora, Km 2.3 carr. a Las Tinajas, Predio El Tular s/n, CP 85454, Guaymas, Sonora, México,

<sup>3</sup>Universidad de Guadalajara (UdG), Gómez Farías 82, San Patricio Melaque, Jalisco 48980, Mexico

\*Autor para correspondencia: jmedinag.facimar@uas.edu.mx

### Resumen

Las lagunas costeras receptoras de agua residuales exhiben diferente susceptibilidad al enriquecimiento de nutrientes. El objetivo del presente estudio fue conocer el comportamiento biogeoquímico de una laguna costera restringida receptora de nutrientes provenientes de aguas residuales agrícolas y camaronícolas. La laguna San José (174 ha) se localiza en la costa oriental del Golfo de California en una región semi-árida subtropical. Los aportes de efluentes camaronícolas y las aguas residuales agrícolas ocurren exclusivamente durante el periodo de lluvias. Se realizaron muestreos del agua durante estiaje (enero-abril) y lluvias (junio-noviembre) en sitios ubicados en los efluentes camaronícolas, dren agrícola, la laguna y el mar adyacente para determinar temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, amonio y ortofosfato. Se estimaron los flujos de nutrientes y el metabolismo neto del ecosistema mediante el modelo biogeoquímico LOICZ. Los resultados mostraron que durante el periodo de lluvias la tasa de renovación del agua de la laguna fue de 13 días, mientras que en el estiaje fue de 8 días. En el periodo de lluvias, dominaron los procesos de desnitrificación y metabolismo heterótrofo, asimismo las concentraciones y los flujos de nutrientes se incrementaron con respecto al estiaje. Se concluye que aunque en ambas temporadas existe un flujo neto positivo de N y P, la actividad metabólica del sistema es moderadamente compensada durante el estiaje, cuando el sistema se comporta con un metabolismo autotrófico.

**Palabras clave:** *Eutrofización, metabolismo neto del ecosistema, flujos de nutrientes.*

## 5.2. Intercambio de carbono orgánico particulado entre la laguna Santa María y el golfo de California

Arreola-Lizárraga José A.<sup>1,\*</sup>; Burrola-Sánchez María S.<sup>1</sup>; Urías-Laborín David<sup>1</sup>; Medina-Galván Julio<sup>2</sup> y Ruiz-Ruiz Thelma M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Unidad Sonora, Km 2.3 carr. a Las Tinajas, Predio El Tular s/n, CP 85454, Guaymas, Sonora, México

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Clausen s/n, Col. Los Pinos, 80000 Mazatlán, Sinaloa, México.

<sup>3</sup>Universidad de Guadalajara (UdG), Gómez Farías 82, San Patricio Melaque, Jalisco 48980, Mexico

\*Autor para correspondencia: [arreola04@cibnor.mx](mailto:arreola04@cibnor.mx)

### Resumen

El intercambio de agua y materiales entre las lagunas costeras y el mar adyacente es controlado por el flujo y reflujo de mareas. El objetivo de este estudio fue estimar el intercambio de carbono orgánico particulado (COP) entre la laguna Santa María y el golfo de California. La laguna tiene 40 km<sup>2</sup> de superficie, 3 m de profundidad promedio y una boca de comunicación con el mar de 800 m de ancho. La estimación del intercambio de COP entre la laguna y el mar consistió en (1) estimar los gastos hidráulicos mediante un levantamiento batimétrico de la sección transversal de la boca y un perfilamiento de corrientes, y (2) determinar las concentraciones de COP en la boca de la laguna, en verano e invierno, durante los periodos de flujo y reflujo de la marea. Se aporta evidencia de que el intercambio de COP es dominado por procesos de importación tanto en verano como en invierno y la magnitud del intercambio es mayor en verano.

**Palabras clave:** *ecosistemas costeros, ciclo del carbono, mareas.*

### 5.3. Línea base del carbono almacenado en biomasa aérea y sedimento en manglares del noroeste de México

Sauceda-Montijo Trinidad<sup>1,\*</sup>; Sánchez-Mejía Zulia M.<sup>1,\*</sup>; Torres Jony R.<sup>2</sup>; Yépez Enrico A.<sup>1</sup>; Méndez-Barroso Luis A.<sup>1</sup> y Suarez Gabriela<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Sonora

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui

\*Autor de correspondencia: trinidad.sauceda248589@potros.itson.edu.mx; zulia.sanchez@itson.edu.mx

#### Resumen

Los manglares son reconocidos como importantes ecosistemas de Carbono Azul (CA) debido a su capacidad de almacenar carbono (C), especialmente en el sedimento. Aunque en la última década se han caracterizado estos almacenes, estos esfuerzos se han centrado en aquellos ubicados en el trópico mexicano. En su distribución subtropical, los manglares se encuentran en zonas áridas y semiáridas con precipitaciones que se encuentran entre los 150 a 400 mm al año. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la línea base del carbono almacenado en la biomasa (C<sub>bio</sub>) y en el sedimento (C<sub>s</sub>) en un sitio de régimen climático árido, ubicado en el Canal del Infiernillo (CIF), y en uno de régimen semiárido ubicado en Bahía de Agiabampo (BdA); ambos localizados en el estado de Sonora, México. Los resultados mostraron que, en el CIF, el C<sub>bio</sub> fue de  $14.61 \pm 4.52$  Mg C ha<sup>-1</sup> mientras que en BdA fue de  $20.56 \pm 5.60$  Mg C ha<sup>-1</sup>. En cuanto al C<sub>s</sub>, se encontraron  $133.47 \pm 43.55$  Mg C ha<sup>-1</sup> en el CIF mientras que en BdA fue de  $167.63 \pm 24.05$  Mg C ha<sup>-1</sup>. No se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los sitios para ninguno de los componentes del C almacenado. A nivel nacional, los sistemas limitados por precipitación suelen almacenar menos carbono, pero contribuyen localmente a la mitigación del CO<sub>2</sub> de comunidades costeras. Estos resultados destacan la importancia de los manglares como almacenes de C y aportan datos fundamentales para mejorar las estrategias de conservación y gestión sostenible de estos ecosistemas en regiones poco estudiadas. A futuro, es crucial entender las variables que controlan el almacenamiento de carbono, cuantificar el carbono en otros componentes del manglar y monitorear estos almacenes a lo largo del tiempo.

**Palabras clave:** *Carbono azul; Soluciones naturales climáticas; Costa sonorensis; Golfo de California, Territorio Comcaac*

## 5.4. Cambios en las emisiones de carbono del suelo de un manglar en restauración del norte de Veracruz

Vázquez-Benavides Judith<sup>1</sup>; Pineda-López María del R.<sup>2</sup>; Sánchez Lázaro<sup>3</sup>; López-Portillo Jorge<sup>4</sup>; Perroni-Ventura Yareni<sup>3</sup>; Martínez Sergio<sup>3</sup> y Alvarado-Barrientos Ma. Susana<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Biotecnología y Ecología Aplicada, Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Universidad Veracruzana, Universidad Veracruzana, Campus para la Cultura, las Artes y el Deporte, Col. Emiliano Zapata, C.P. 91900, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Centro de Ecoalfabetización y Diálogo de Saberes, Universidad Veracruzana, Universidad Veracruzana, Campus para la Cultura, las Artes y el Deporte, Col. Emiliano Zapata, C.P. 91900, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Universidad Veracruzana, Campus para la Cultura, las Artes y el Deporte, Col. Emiliano Zapata, C.P. 91900, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>4</sup>Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología A.C. (INECOL), Carretera antigua a Coatepec #351 Col. El Haya CP 91073, Xalapa, Veracruz.

\*Autor para correspondencia: susana.alvarado@inecol.mx

### Resumen

Las alteraciones al régimen hidrológico de los manglares pueden llegar a cambiar sustancialmente la estructura y funcionamiento ecosistémico. Las emisiones de carbono del suelo son un indicador de actividad biológica, por lo que cuantificarlas es de crucial importancia para entender los cambios funcionales en distintas condiciones de degradación o restauración ecológica. En este trabajo comparamos las emisiones de carbono (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>) en un manglar actualmente en proceso de restauración, identificando como tratamientos: manglar conservado, muerto, en transición e islotes revegetados. Medimos las emisiones *in situ* con un analizador de gases portátil y cámara dinámica durante dos temporadas. También medimos variables consideradas como posibles controles de las emisiones. Las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo fueron diferentes entre los tratamientos y temporadas. El manglar muerto presentó el menor promedio (0.92 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), seguido del conservado, transición e islotes (3.71, 3.81, 4.83 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, respectivamente). Las emisiones en la temporada seca y de extremo calor (4.43 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) fueron mayores que en la de nortes (2.63 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>). Las emisiones de CH<sub>4</sub> no fueron diferentes entre los tratamientos, pero sí entre temporadas, siendo mayores en la temporada seca (17.3 nmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) que en la de nortes (6.29 nmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>). El nivel de inundación, la densidad de neumatóforos, el pH y la salinidad del agua intersticial resultaron explicar las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para el CH<sub>4</sub> fueron la temperatura del agua intersticial, pH y salinidad del agua superficial. Estas mediciones ayudan a comprender el ciclo del carbono durante el proceso de restauración de manglares.

**Palabras clave:** *flujos de carbono, carbono azul, manglar de cuenca, Tampamachoco*

## 5.5. Manglares frente al cambio climático: Potencial de mitigación de la conservación en Áreas Naturales Protegidas de la Península de Yucatán, México

Huechacona-Ruiz Astrid H.<sup>1</sup>; Herrera-Silveira Jorge A.<sup>1,3</sup>; Teutli-Hernández Claudia<sup>2</sup>; Camacho-Rico Andrea<sup>1</sup>; Cinco-Castro Siuling<sup>1</sup>; Us-Balam Heimi<sup>1</sup>; Pech-Poot Eunice<sup>1</sup>; Mendoza-Martínez Juan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Ant. Carr. a Progreso Km. 6. Col. Cordemex. CP 97310. Mérida, Yucatán, México. Autor para correspondencia: jorge.herrera@cinvestav.mx

<sup>2</sup> Escuela Nacional de Estudios Superiores de la Universidad Nacional Autónoma de México. Tablaje Catastral N°6998, Carretera Mérida-Tetiz Km. 4.5. C.P. 97357, Municipio de Ucú, Yucatán., México.

<sup>3</sup> Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (LANRESC), Sisal, Yucatán, México

\*Autor para correspondencia: helena.huechacona@gmail.com

### Resumen

La conservación y restauración de los ecosistemas de manglar es una estrategia crucial para la mitigación y adaptación al cambio climático global. No obstante, los estudios que cuantifican el potencial de mitigación de los manglares y que proporcionan datos específicos de diversas regiones son aún limitados. Este estudio cuantifica el potencial de mitigación de la reducción de emisiones de carbono asociadas a la pérdida de cobertura en dos Áreas Naturales Protegidas (ANP) de la península de Yucatán: la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an y la Reserva de la Biósfera Ría de Celestún. La estimación del potencial de mitigación se basa en el histórico de pérdida de cobertura de manglares entre 1981 y 2010, así como en los almacenes de carbono observados en cada ANP. Los almacenes de carbono (aéreo y subterráneo) en los manglares de estas áreas protegidas varían entre  $431 \pm 169$  y  $573 \pm 471$  Mg C ha<sup>-1</sup> (Sian Ka'an y Celestún, respectivamente). La pérdida de cobertura de manglares osciló entre 16.3 ha año<sup>-1</sup> (Celestún) y 54.9 ha año<sup>-1</sup> (Sian Ka'an). En un escenario de conservación, cada ANP podría evitar anualmente entre 34,262 y 86,948 Mg CO<sub>2</sub>e (Celestún y Sian Ka'an, respectivamente). Estos resultados subrayan la importancia de fortalecer las estrategias de conservación de los manglares como un aliado indispensable en la búsqueda de soluciones sostenibles para enfrentar el cambio climático en la península de Yucatán.

**Palabras clave:** *Carbono azul, almacenes de carbono, factores de emisión, reducción de emisiones*

## 5.6. Caída de hojarasca de los manglares del Área Natural Protegida Manglares de Nichupté

**Moreno-Martínez Ameyali<sup>1,\*</sup>**; Herrera-Silveira Jorge A.<sup>1,2</sup>; Teutli-Hernández Claudia<sup>3</sup>; Carrillo-Baeza Laura B.<sup>1</sup> y Pérez-Martínez Oscar J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. Carretera antigua a Progreso km 6, Col. Loma bonita, Mérida, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Resiliencia Costera (LANRESC). Sisal, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida. Universidad Autónoma Nacional de México. Yucatán México.

\*Autor para correspondencia: ameyali.moreno@cinvestav.mx

### Resumen

La caída de hojarasca (CH) en manglares es uno de los flujos de carbono orgánico (C) y es crucial en la dinámica de captura y almacén de C. La CH en manglares está determinada por patrones espaciotemporales y la eficiencia en la renovación de hojarasca, relacionándose con la vegetación y características ambientales locales: salinidad, hidroperíodo, senescencia, mortalidad, precipitación, viento, temperatura, entre otros. El objetivo de este estudio fue determinar la variabilidad temporal en la CH de manglar en el Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté (APFFMN). Se estableció una parcela permanente de 100 m<sup>2</sup> para su monitoreo y se instalaron cinco trampas de hojarasca debajo de la copa de los árboles aleatoriamente a una altura de 1 m del suelo. Las muestras de hojarasca se colectaron en diferentes intervalos de tiempo de julio 2010 a diciembre 2022, se agruparon los resultados por año. La CH anual se estimó con la suma de los pesos secos de cada muestreo, y el resultado se transformó a mega gramos de peso seco (Mg.p.s ha<sup>-1</sup>). El peso seco de esta biomasa se convirtió a C usando el factor de conversión de 0.45. La CH promedio fue de 4.0 ± 1.5 Mg C ha<sup>-1</sup>, con una tasa de captura de 40 ± 10.68 Gg CO<sub>2</sub>e año<sup>-1</sup>. Esto contribuye en la mitigación de las emisiones anuales de 10,689 personas por uso de combustibles fósiles. Destacando la importancia de conservar este ecosistema y monitorear esta característica para contribuir a los compromisos locales y regionales de mitigación de GEI.

**Palabras clave:** *hojarasca; carbono azul; flujos de carbono, mitigación, cambio climático*

## 5.7. Variabilidad temporal y espacial de los almacenes de carbono en praderas marinas del Caribe Mexicano

Cota-Lucero Tania C.<sup>1\*</sup>; Medina-Euan Daniela G.<sup>1</sup>; Morales-Castellanos Jahir A.<sup>1</sup>; Aguilar -LópezYaxiri<sup>1</sup>; Mendoza-Martínez Juan E.<sup>1</sup>; Ramírez-Ramírez Javier<sup>1</sup> y Herrera-Silveira Jorge A.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida

\*Autor para correspondencia: tania.cota@cinvestav.mx

### Resumen

Los estudios sobre carbono azul en las praderas marinas (PM) han recibido menos atención que otros ecosistemas, especialmente en la región del Caribe Mexicano (CM). Esta región cuenta con una extensa cobertura de PM (~57,300 ha) y se considera un sitio de alta relevancia ecológica y económica. Por lo tanto, en el presente estudio se estimó la tendencia de los almacenes de carbono en biomasa ( $C_{bio}$ ), a través de una revisión bibliográfica en un periodo de 28 años (1991-2019) divididos en cinco periodos. El estudio reveló que los mayores almacenes de carbono se registraron en el P1 y P2 entre 1991 y 2002 ( $>1.5 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) con máximos de  $7 \text{ Mg C ha}^{-1}$ , pero su tendencia ha sido decreciente. A partir del P3, se detectó menor  $C_{bio}$  con los mínimos en P5 (2014-2019) con valores entre 0.02 y  $0.65 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . Espacialmente, en la zona norte de la región de estudio se identificaron los menores almacenes de  $C_{bio}$  en comparación con el sur. En general, la reducción de los almacenes de  $C_{bio}$  en las praderas marinas del CM podrían asociarse a perturbaciones antropogénicas como reducción de la calidad del agua por efectos del turismo y los arribazones de sargazo.

**Palabras clave:** *temporalidad, pastos marinos, quintana roo, antropogénico*

## 5.8. Captura de carbono aéreo en manglares del noreste de la Península de Yucatán

Cinco-Castro Siuling G.<sup>1,4,\*</sup>; Us-Balam Heimi G.<sup>1</sup>; Herrera-Silveira Jorge A.<sup>1,2</sup>; Teutli-Hernández Claudia<sup>3,4</sup>; Sánchez-Núñez Edmundo<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. Antigua Carretera a Progreso km.6, CP 97310, Mérida, Yucatán.

<sup>2</sup>Laboratorio de Resiliencia Costera (LANRESC). Sisal, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida. Universidad Autónoma Nacional de México. Yucatán México.

<sup>4</sup>Utskintik: Restauración de Ecosistemas y Comunidades A.C.

<sup>5</sup>Territorios Vivos México A.C. Edificio 51A, interior 201, Lindavista-Vallejo, Alcaldía Gustavo A. Madero, CP 07720, Ciudad de México.

\*Autor para correspondencia: siuling.cinco@cinvestav.mx

### Resumen

Los manglares son ecosistemas costeros cruciales para capturar y almacenar carbono, contribuyendo con ello a mitigar el cambio climático. En la eco-región Los Petenes-Celestún, Yucatán, se realizó un estudio en tres sitios, aplicando metodologías estandarizadas. El registro de información se realizó en diferentes años (2005-2023) para estimar la captura de carbono. Los resultados por sitios registran variabilidad, sin embargo, el almacén de C aéreo promedio es de 107.6 Mg C ha<sup>-1</sup>. En cuanto a la captura de carbono, se registró un promedio de 3.4 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Este estudio resalta la importancia de considerar la edad y el estado de regeneración de los manglares en las estimaciones para mejorar su potencial de mitigación del cambio climático y su contribución en proyectos de carbono azul.

**Palabras clave:** manglares, carbono azul, almacén de carbono, captura.

## 5.9. Flujos verticales de CO<sub>2</sub> en un manglar de cuenca dominados por la respiración del ecosistema

Valenzuela-Partida Julián<sup>1</sup>; Uuh-Sonda Jorge M.<sup>1,3,\*</sup>; Sánchez-Mejía Zulia M.<sup>1,3</sup>; Figueroa-Espinoza Bernardo<sup>2,3</sup>; Méndez-Barroso Luis A.<sup>1,4</sup> y Yépez Enrico A.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Calle 5 de Febrero 818 sur, Colonia Centro. C.P. 85000. Ciudad Obregón, Sonora, México., Sonora, México.

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Universidad Nacional Autónoma de México, Puerto de Abrigo S/N, C.P. 97351, Sisal, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Laboratorio Nacional Conahcyt MexFlux

<sup>4</sup>Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera, LANRESC

\*Autor para correspondencia: jorge.uuh.sonda@gmail.com

### Resumen

Los manglares destacan por la captura y almacén de carbono atmosférico. Existen varios esfuerzos por entender sus almacenes, pero poco se ha estudiado el intercambio vertical del CO<sub>2</sub> (NEE). En el noroeste de Yucatán, desde el 2022 se implementó un sistema de Covarianza de Vórtices, dentro de un manglar de cuenca del Ejido Sisal. Aquí el NEE muestra una dinámica singular: una parte del tiempo presenta valores muy positivos, mientras que en el resto sus valores suelen ser más neutrales o ligeramente negativos, contrario a lo observado en otros manglares donde el NEE muestra una tendencia más negativa, i.e., aquí se presenta un comportamiento de fuente moderada de carbono y no de sumidero. Análisis a las componentes diurnas y nocturnas del NEE, así como un análisis de su distribución considerando diferencias de temperaturas y niveles de inundación, sugieren que el comportamiento netamente positivo es causado por la respiración del ecosistema (Reco), pues los valores más positivos de NEE ocurren cuando se tienen suelos descubiertos y temperaturas elevadas (los meses de sequía). Bajo esta premisa, se realizó una partición de NEE (en productividad primaria bruta GPP, y Reco), con ayuda de redes neuronales. Dicha partición revela que la Reco presenta valores inusualmente elevados, mientras que la GPP muestra valores similares a lo reportado en otro manglar de la región. Este trabajo aporta evidencia de que, la dinámica del NEE en este manglar está dominado por los procesos de la Reco que se ven beneficiados frente a suelos descubiertos y temperaturas elevadas.

**Palabras claves:** *Manglar de cuenca, intercambio neto del ecosistema (NEE), respiración del ecosistema (Reco), covarianza de vórtice, Península de Yucatán.*

## 5.10. Pérdida de CaCO<sub>3</sub> en arrecifes: El efecto de la bioerosión

Norzagaray-López Carlos Orión<sup>1,\*</sup>; Calderón-Aguilera Luis E.<sup>2</sup>; Hernández-Ayón José M.<sup>1</sup> y Gómez-Hernández Guadalupe<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Ensenada-Tijuana 3917, Ensenada 22860, México.

<sup>2</sup>Ecología Marina, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Carretera Ensenada-Tijuana 3918, Ensenada 22860, México.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Ensenada-Tijuana 3917, Ensenada 22860, México.

\*Autor para correspondencia: orion.norzagaray@uabc.edu.mx

### Resumen

Los arrecifes de coral dependen de un delicado balance entre procesos formadores, que son aquellos que aportan carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), así como procesos destructivos, que promueven la disolución y erosión. En arrecifes del Pacífico mexicano (PM), el género del coral *Porites* es el segundo aportador a la acreción de CaCO<sub>3</sub>. Sin embargo, se ha reportado que es sensible a procesos destructivos, principalmente la bioerosión. En este trabajo investigamos la interacción entre una especie de almeja incrustadora (*Lithophaga*) y *Porites* en un arrecife insular del PM. Se cuantificaron las tasas de bioerosión, cuantificamos la pérdida por este proceso, así como contrastar modelos de crecimiento. Nuestros resultados indican que la especie de *Lithophaga* (*Leiosolenus plumula*) presenta una alta tasa de bioerosión sobre el coral (22 ± 4%), lo cual representa una pérdida del 8.3% de la producción bruta en el arrecife. Se encontró que existe un intenso reclutamiento de esta almeja, ya que las edades fueron menores que los corales (8 vs 12 años). Asociamos este elevado reclutamiento a un efecto de la oceanografía física, el cual enriquece con nutrientes la superficie, favoreciendo a organismos filtradores. La pérdida de CaCO<sub>3</sub> en estos ambientes es relevante, ya que, además de ser esencial para el mantenimiento de estos ecosistemas (y sus servicios ambientales), es también una pérdida de carbono que debería sepultado.

**Palabras clave:** *balance carbonato de calcio; bioerosión; arrecifes; Pacífico mexicano.*

## 5.11. Primera caracterización de los sedimentos marinos en Bahías de Huatulco, Oaxaca

**García-Burciaga Hugo O.**<sup>1</sup>; Chapa-Balcorta Cecilia<sup>2,\*</sup>; Hernández-Ayón José M.<sup>3</sup>; López-Serrano Antonio<sup>2</sup> y María L. Leal-Acosta<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ecología Marina. Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria S/N, CP 70902, Puerto Ángel, Oaxaca, México.

<sup>2</sup>Instituto de Recursos. Licenciatura en Oceanología. Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria S/N, CP 70902, Puerto Ángel, Oaxaca, México.

<sup>4</sup>Instituto de Industrias. Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria S/N, CP 70902, Puerto Ángel, Oaxaca, México.

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Universidad Autónoma de Baja California. Km. 104 Tij-Ens. Ensenada Baja California.

\*Autor para correspondencia: [cecilia\\_chapa@aulavirtual.umar.mx](mailto:cecilia_chapa@aulavirtual.umar.mx)

### Resumen

Este trabajo reporta la variación espacial del porcentaje de material carbonatado en los sedimentos marinos de Bahías de Huatulco (BH) durante el periodo de lluvias de 2018. Se colectaron sedimentos superficiales en diferentes localidades de BH y se determinó la fracción inorgánica de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en laboratorio. Los resultados muestran un alto porcentaje de carbonatos en sedimentos asociados a comunidades coralinas con mayor cobertura en BH, especialmente alejadas del río Copalita. En contraste, las localidades con menor porcentaje de sedimentos carbonatados se encuentran cerca de la desembocadura del río Copalita, a pesar de la presencia de comunidades coralinas cercanas. Esto se relaciona con la alta tasa sedimentaria en BH durante la temporada de lluvias, que acarrea material terrígeno al océano, diluyendo los carbonatos en esta zona. Los resultados muestran la importancia de las comunidades coralinas en la creación de sedimentos carbonatados y el efecto del río Copalita en los sedimentos de BH.

**Palabras clave:** *Comunidades coralinas; río Copalita; material carbonatado; acidificación de océano.*

## 5.12. Producción de biomasa bacteriana autótrofa y heterótrofa en columna de agua de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz

Ángeles-Vázquez José R.<sup>1</sup>; Ferrara-Guerrero María J.<sup>1,\*</sup>; Marc Pagano<sup>2</sup>; Figueroa-Torres María G.<sup>3</sup> y Capetillo-Colín Fernando<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología Microbiana, Departamento el Hombre y su ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán, CDMX.

<sup>2</sup>Mediterranean Institute of Oceanography Campus de Luminy. 163 Avenue de Luminy, 13288 Marseille, France.

<sup>3</sup>Laboratorio de Ficológia y Fitofarmacología, Departamento el Hombre y su ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán, CDMX.

\*Autor para correspondencia: mj.ferraraguerrero@gmail.com

### Resumen

Existen pocas investigaciones abordan la importancia de los microorganismos (<2  $\mu\text{m}$ ) en el enriquecimiento de la columna de agua y los sedimentos con carbono orgánico, así como el papel de éstos en la estructura y fertilidad de los ecosistemas acuáticos. El picoplancton, tanto autótrofo como heterótrofo, juega un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, y su actividad modifica la química del sistema, con el propósito de contribuir al conocimiento sobre el papel ecológico del picoplancton a la producción de carbono orgánico, se determinó la biomasa bacteriana heterótrofa (BBH) y fotoautótrofo (BPA) en relación a los cambios estacionales en diez sitios de la laguna de Sontecomapan ubicada en el estado de Veracruz. La biomasa se calculó por conteo directo por tinción con el fluorocromo DAPI (4'-6-Di-amino-2-phenyl-indol), para calcular el biovolumen se utilizó un microscopio de epifluorescencia (Olympus Bimax60) y por autofluorescencia para el el picoplancton autótrofo, las formas nitrogenadas y fosfatadas se determinaron por técnicas colorimétricas, se midió *in situ* el pH, temperatura, profundidad, transparencia y salinidad y para conocer la influencia de estas variables sobre la BBH y BBA se realizó un análisis multivariado de correlación. La temperatura, O<sub>2</sub>, pH, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y de PO<sub>4</sub><sup>2+</sup> y la transparencia fueron las variables que contribuyeron a la elevada BBH y BBA, las concentraciones de biomasa en la laguna fue superior en todas las temporadas con los reportado para este tipo de ecosistemas costeros y en ambientes marinos oligotróficos, por lo que este ecosistema juega un papel ecológico como reservorio de C reducido en biomasa bacteriana y participar en transferencia de materia y energía contribuyendo al enriquecimiento de nutrientes orgánicos e inorgánicos a ecosistemas marinos oligotróficos.

**Palabras clave:** *Laguna costera; bacteria; epifluorescencia; picoplancton.*



Sección 6

ECOSISTEMAS  
MARINOS



## 6.1. Variabilidad superficial temporal de variables del sistema del CO<sub>2</sub> en la Bahía Todos Santos, Ensenada

Córdova-Medina Ivar<sup>1,\*</sup>; Hernández-Ayón José M.<sup>2</sup>; González-Silvera Adriana G.<sup>1</sup>; Cervantes-Díaz Gabriela Y.<sup>2</sup> y Norzagaray-López C. Orion<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3917, Fracc. Playitas, Ensenada, Baja California, C.P. 22860

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3917, Fracc. Playitas, Ensenada, Baja California, C.P. 22860

\*Autor para correspondencia: ivar.cordova@uabc.edu.mx

### Resumen

En las últimas décadas se ha registrado un incremento en las concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico, lo cual afecta directamente al océano debido a que es el responsable de absorber alrededor del 30% de estas emisiones. En la Bahía Todos Santos (BTS), Ensenada, los estudios sobre este tema son escasos, por lo que no se tiene una buena descripción del sistema del CO<sub>2</sub> en la BTS. El objetivo de este trabajo fue describir y analizar la variabilidad temporal de variables del sistema del CO<sub>2</sub>, especialmente pH y Alcalinidad Total (AT), en las aguas superficiales de la BTS. Para esto, se realizaron 18 muestreos desde febrero del 2021 hasta octubre del 2023 en cuatro puntos de la BTS, en donde se midió pH y AT a 0 y 20 m de profundidad. Se encontró una dominancia del Agua Subártica (ASA) dentro de la BTS en todo el periodo de estudio. En la segunda mitad del 2023, con el inicio de un evento El Niño, se registró en la BTS un incremento del ASA, con baja salinidad, especialmente en los últimos meses del año. Esta intrusión de ASA también se vio reflejada en un ligero incremento en el pH, con valores mayores a ~7.8. La AT tuvo su mayor decremento en los últimos meses del 2023, lo cual se relaciona directamente con los valores más bajos de salinidad. Aunado a lo anterior, se determinó una ecuación relacionando la AT-Salinidad para poder calcular el omega aragonita en la BTS, la cual se ha aplicado en muestras de cultivos de semilla de ostión.

**Palabras clave:** *Química del carbono; salinidad; masas de agua; El Niño.*

## 6.2. Cambios termohalinos estacionales en el pacífico mexicano

Coronado-Álvarez Luz de L. A<sup>1,\*</sup> y Hernández-Ayón J. Martín<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California

\*Autor para correspondencia: luz.coronado@uabc.edu.mx

### Resumen

La estructura termohalina del océano juega un papel crucial en la dinámica oceánica, influenciando procesos como la circulación oceánica y la distribución de nutrientes. En la región del Pacífico mexicano (PM), la interacción de diferentes masas de agua genera un sistema complejo variable estacional que afecta tanto a nivel local como global. Los diagramas T-S (Temperatura-Salinidad) son herramientas esenciales para caracterizar las masas de agua, permitiendo la identificación de regiones con propiedades similares. Este estudio se enfoca en analizar las características estacionales de la estructura termohalina frente a las costas mexicanas utilizando datos satelitales de alta resolución, de un cuarto de grado y cubren un periodo de 10 años. El análisis de los diagramas T-S muestra una clara diferenciación entre las masas de agua a lo largo del año. Se identificaron dos principales regiones con características distintas: Región I, Dominada por aguas cálidas y de baja salinidad, característica de las aguas superficiales tropicales (TSW). Esta región se presenta principalmente en primavera y verano. Región II, Caracterizada por aguas más frías y salinas, correspondientes a las aguas de corriente de California (CCW). Estas condiciones son más prevalentes durante el otoño e invierno. Este estudio proporciona una base sólida del uso de datos satelitales para tener mejores resoluciones espacio-temporales de datos físicos oceanográficos. Por lo que sienta las bases para futuros trabajos enfocados en la dinámica oceánica con el uso de información proveniente de sensores remotos.

**Palabras clave:** *cambios, estacional, pacífico mexicano, termohalino.*

### 6.3. Características oceanográficas durante episodios cálidos extremos y su influencia en las comunidades de fitoplancton en Bahía de La Paz, Golfo de California

Cervantes-Duarte Rafael<sup>1,\*</sup>; González-Rodríguez Eduardo<sup>2</sup>; Rodríguez-Figueroa Griselda M.<sup>1</sup>; Acevedo-Acosta Juan D.<sup>1</sup>; Cortés-Martínez Mara Y.<sup>3</sup>; Morales-García Sandra S.<sup>4</sup>; Leal-Acosta María L.<sup>5</sup> y Amaro-Sánchez Luis R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional. CICIMAR, La Paz., B.C.S., México

<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior, Unidad UT3, Tepic, Nayarit, México

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS, La Paz., B.C.S., México

<sup>4</sup>Instituto Politécnico Nacional. CPML, Ciudad de México.

<sup>5</sup>Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México

\*Autor para correspondencia: rcervan@ipn.mx

#### Resumen

Los últimos años van camino de ser los más cálidos de la historia debido al aumento constante de la concentración de gases de efecto invernadero y el calor acumulado. Estos cambios perturban grandemente a los ecosistemas del planeta de diferente forma. En el ambiente marino el aumento de temperatura altera las propiedades físicas y químicas en la columna de agua afectando a aquellos organismos con menor movilidad, como el fitoplancton. Datos satelitales de temperatura superficial del mar (SST) y producción primaria neta (PPN) del 2000 al 2023 mostraron variaciones estacionales donde la baja PPN estuvo relacionada con periodos cálidos y “cálidos extremos” durante El Niño (2002-2003; 2006-2007; 2009-2010, 2023) y el Blob (2014-2016). De acuerdo con el índice climático Oceanic Niño Index (ONI) el 2021 y 2022 se clasificaron como La Niña y desde abril del 2023-2024 como El Niño, produciendo cambios notables en el sistema pelágico de Bahía de La Paz (BLP). Datos hidrográficos 2021-2023 mostraron que los cambios en la PPN estuvieron relacionados con los nutrientes disponibles en la zona eufótica y las características de las masas de agua. Con base en la distribución vertical de temperatura se determinaron periodos “fríos” (diciembre a mayo) y cálidos (junio a noviembre) y con diagramas T-S (0-200 m) se clasificaron tres masas de agua: Agua del Golfo de California (GCW), Agua Tropical Superficial (TSW) y Agua Subtropical Subsuperficial (SSW). Durante los periodos “fríos” con una capa de mezcla más profunda los nutrientes del SSW estuvieron disponibles para la PPN, mientras que, durante los cálidos 2021-22-23 las bajas concentraciones de nutrientes asociadas con GCW, TSW y agua evaporada (eTSW) en el verano del 2023, deprimieron la PPN. Estos resultados se comparan con condiciones de verano y anormalmente cálidas previamente reportadas (2005-2006, 2009-2010, 2014-2016) que han producido cambios relevantes en productividad primaria y en la abundancia y dominancia de especies fitoplanctónicas en BLP.

**Palabras clave:** *Cambio global, masas de agua, producción primaria, nutrientes.*

## 6.4. El calentamiento y la acidificación del océano comprometen la fecundación en equinodermos: el caso de dos erizos de mar de la costa de Oaxaca

Rodríguez-Medellín María L.<sup>1,\*</sup>; Díaz-Martínez Julia P.<sup>2</sup>; Benítez-Villalobos Francisco<sup>3,4</sup>; Chapa-Balcorta Cecilia<sup>3</sup> y Leal-Acosta María L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Maestría en Ciencias; Ecología Marina, Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca, México, C.P. 70902.

<sup>2</sup> Omniunity A. C. Casa Stellata, Playa Zipolite, Distrito de San Pedro Pochutla, Oaxaca, México, C.P. 70900

<sup>3</sup> Instituto de Recursos, Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca, México, C.P. 70902.

<sup>4</sup> Laboratorio de Ecología del Desarrollo, Universidad del Mar (UMAR), Campus Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca, México, C.P. 70902

\*Autor para correspondencia: [quizas.marilu@gmail.com](mailto:quizas.marilu@gmail.com)

### Resumen

El aumento de la temperatura y la disminución del pH en los océanos afectan significativamente los procesos fisiológicos de la vida marina en general y en particular en los erizos de mar. En este estudio se evaluó el éxito de fecundación, en un gradiente de densidad de espermatozoides de *Toxopneustes roseus* y *Echinometra vanbrunti*, bajo condiciones controladas de temperatura y pH. Se aplicaron cuatro tratamientos basados en proyecciones para el Pacífico mexicano sur: a) condiciones control (30°C, pH 8.00); b) calentamiento (34°C, pH 8.00); c) acidificación (30°C, pH 7.40 y 7.60); y d) calentamiento + acidificación (34°C, pH 7.40 y 7.60). Para *T. roseus*, el mayor porcentaje de fecundación se observó en el control (85%), seguido por la acidificación (80%). En contraste, no se registró fecundación bajo escenarios de calentamiento y calentamiento + acidificación y se detectó un aumento significativo en el porcentaje de óvulos anormales (59% y 82%, respectivamente). En *E. vanbrunti*, el éxito de fecundación fue mayor en condiciones de control (63%), pero disminuyó en escenarios de calentamiento (50%), acidificación (40%) y calentamiento + acidificación (38%). Los mayores porcentajes de óvulos anormales se presentaron en condiciones de acidificación (48%) y en calentamiento + acidificación (42%). Los resultados sugieren que el aumento de la temperatura y la acidificación del océano podrían tener efectos negativos aditivos para *T. roseus*, mientras que en *E. vanbrunti*, la interacción de estos factores sería sinérgica. Se concluye que, si las tendencias actuales de calentamiento y acidificación oceánica continúan hasta los niveles proyectados para 2100, la supervivencia de *T. roseus* podría estar más comprometida que la de *E. vanbrunti*, debido a la mayor resiliencia de esta última en condiciones cambiantes. Este escenario subraya la importancia de tomar medidas para mitigar el cambio climático y proteger los ecosistemas marinos para asegurar su sostenibilidad futura.

**Palabras clave:** *Ecofisiología, Ecología reproductiva, Tolerancia térmica, Acidificación oceánica, Equinodermos*

## 6.5. Carbonato de calcio removido por moluscos perforadores (Mollusca: Bivalvia) en *Pocillopora capitata* y *Pavona gigantea* en el arrecife de Las Dos Hermanas, Oaxaca, México

Illescas-Espinoza Oscar<sup>1,\*</sup>; Hernández-Ballesteros Luz M.<sup>2</sup> y Leyte-Morales Gerardo E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Gestión Administrativa, Campus Puerto Ángel, Universidad del Mar (UMAR), Ciudad Universitaria s/n Puerto Ángel, Oaxaca 70902, México.

<sup>2</sup> Instituto de Recursos, Campus Puerto Ángel, Universidad del Mar (UMAR), Ciudad Universitaria s/n Puerto Ángel, Oaxaca 70902, México.

\*Autor para correspondencia: i.e.oscar90@gmail.com

### Resumen

Los arrecifes coralinos se encuentran sujetos a una gran variedad de impactos (blanqueamiento, acidificación, tormentas, huracanes, contaminación, altas tasas de sedimentación, erosión, etc.), los cuales debilitan su resiliencia y los colocan en un estado de desequilibrio. Existen diferentes grupos de organismos capaces de perforar el esqueleto calcáreo de los corales, uno de los principales grupos de bioerosionadores son los bivalvos perforadores, sin embargo, se desconoce el papel de los bivalvos perforadores en los arrecifes coralinos del Pacífico oriental tropical (POT). El objetivo de este trabajo es conocer el estado de las comunidades de bivalvos perforadores en sustrato arrecifal vivo. Se cuantificó la remoción de  $\text{CaCO}_3$  por parte de los bivalvos perforadores a través de tomografía axial computarizada (TAC) para determinar la erosión neta de cada género de bivalvo perforador, mostrando que ambos géneros de bivalvos perforadores, *Gastrochaena* ( $2 \text{ cm}^3$ ) y *Leiosolenus* ( $2.89 \text{ cm}^3$ ) remueven cantidades similares de  $\text{CaCO}_3$ . Sin embargo, el número de individuos del género *Leiosolenus* (19 organismos) fue mayor en comparación al género *Gastrochaena* (2 organismos), generando una proporción 9.5:1.

**Palabras Clave:** *Bioerosión; remoción de carbonato de calcio; bivalvos.*

## 6.6. Distribución vertical de dos variables del sistema de carbonatos en el Golfo de Tehuantepec, México durante un evento Tehuano

Arévalo-Bonilla Alejandro A.<sup>1</sup>; Chapa-Balcorta C.<sup>2,\*</sup>; López-Serrano A.<sup>3</sup>; García-Burciaga H. O.<sup>1</sup> y Martínez-Magaña V. H.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ecología Marina, Universidad del Mar, Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Distrito de San Pedro Pochutla, Oax., México C.P. 70902

<sup>2</sup>Instituto de Recursos, Licenciatura en Oceanología. Universidad del Mar. Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Distrito de San Pedro Pochutla, Oax., México C.P. 70902

<sup>3</sup>Instituto de Recursos, Licenciatura en Biología Marina. Universidad del Mar. Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Distrito de San Pedro Pochutla, Oax., México C.P. 70902

<sup>4</sup>Instituto Nacional de la Pesca (INAPESCA) Av. México 190, Del Carmen, Coyoacán, 04110 Ciudad de México, CDMX

\*Autor para correspondencia: cecilia\_chapa@aulavirtual.umar.mx

### Resumen

La acidificación marina ha sido un tema de interés global, el cual puede ser estudiado mediante el monitoreo del sistema de carbonatos, así como los almacenes y flujos de CO<sub>2</sub> atmosférico. Se presentan resultados de las variables de Carbono Inorgánico Disuelto (CID) y pH en la escala total (pH<sub>T</sub>) oxígeno disuelto (OD) y temperatura (T) durante un evento Tehuano, en el Golfo de Tehuantepec en abril del 2021. Los valores de cada variable fluctuaron entre 2,100 – 2,250 μmol kg<sup>-1</sup>, 7.6 – 7.9, 0.1 – 200 μmol kg<sup>-1</sup> y 12.5 – 30°C para CID, pH<sub>T</sub>, OD y T, respectivamente. Se encontró la frontera superior de zona mínima de Oxígeno (ZMO) con pH<sub>T</sub> ~7.6, correspondiendo al agua Subsuperficial Subtropical (AStSs). Esto indica un afloramiento de esta masa de agua el cual acidificó la zona. Este trabajo aporta nuevos datos sobre el sistema de carbonatos en el Golfo de Tehuantepec, Oaxaca.

**Palabras clave:** *Golfo de Tehuantepec; Tehuano; CID; OD; pH<sub>T</sub>; temperatura.*





Sección 7

ECOSISTEMAS  
TERRESTRES

## 7.1. Deterioro y Conservación de Pastizales en Tepezalá, Aguascalientes: Un Estudio sobre el Almacenamiento de Carbono

Meraz-Mercado Marco A.<sup>1</sup>; Torres-González Jorge A.<sup>1</sup>; Alonso-Tapia Hugo<sup>1</sup>; Galarza-Mendoza José L.<sup>2</sup> y Meraz-Jiménez Antonio de J.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, La Posta, Km 8.5 C.P. 20920 Jesús María, Aguascalientes.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Torreón. Carr. Torreón-San Pedro km 7.5, C.P. 27170, Ejido Ana. Torreón, Coahuila, México.

\*Autor para correspondencia: [jesus.meraz@edu.uaa.mx](mailto:jesus.meraz@edu.uaa.mx)

### Resumen

Las condiciones de manejo de los pastizales en el municipio de Tepezalá, han originado un deterioro causado por el sobrepastoreo, lo que requiere de un programa de manejo para revertir su deterioro. Por otro lado, el pastoreo intensivo y la aridez pueden reducir el almacenamiento de carbono, por lo que el objetivo fue evaluar el almacenamiento de carbono en la biomasa del pastizal. El estudio se realizó en el municipio de Tepezalá, Aguascalientes. Los puntos de muestreo se determinaron mediante un sistema estratificado y se tomaron muestras de pasto con un cuadrante de 0.5 m<sup>2</sup>. Se cortaron las muestras al ras del suelo, se secaron a 65 °C, se pesaron para obtener la materia seca (MS) y el coeficiente de agostadero, se multiplicaron por 0.45 para obtener el carbono. El pastizal tiene un promedio de 1,179 kg MS/ha. En cuanto al grupo de suelo Regosol presenta la mayor acumulación de MS. En el caso del coeficiente de agostadero, se necesitan 11 ha en promedio por unidad animal. El pastizal almacena un promedio de 26 kg C/ha, con un máximo de 90 kg C/ha y un mínimo de 4.35 kg C/ha. El grupo de suelo Fluvisol presenta la mayor acumulación de carbono en pasto. Esto demuestra que el pastizal es un importante almacén de carbono, así como el hábitat para la fauna silvestre y cubierta vegetal del suelo. Es crucial proteger los pastizales y fomentar la gestión sostenible en colaboración con las comunidades locales. Se necesita controlar el pastoreo y la conservación de terrenos para mantener un equilibrio ecológico y social en la región semiárida.

**Palabras claves:** *pastizal; sobrepastoreo; comunidades locales*

## 7.2. Almacenamiento de carbono en un matorral xerófilo como mapa base para la conservación

**Díaz-Romo Abraham**<sup>1</sup>; Mendieta-Vázquez Guadalupe A.<sup>1</sup>; Martínez-Calderón Víctor M.<sup>1</sup>; Rubalcava-Castillo Fabián A.<sup>1</sup>; Meraz-Jiménez Antonio J.<sup>1</sup>; Torres-González Jorge A.<sup>1</sup> y López-Santos Armando<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, domicilio conocido s/n Mpio. de Jesús María, Ags.

<sup>2</sup> Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, domicilio conocido s/n CP AP # 8.

\* Autor para correspondencia: adiazr@correo.uaa.mx

### Resumen

Los ecosistemas forestales son buenos secuestradores de CO<sub>2</sub> atmosférico y por lo tanto son importantes almacenes del carbono, tanto en sus etapas tempranas como en las tardías. En particular, en las especies de rápido desarrollo se incrementa rápidamente la captura de carbono, que después se convierten en depósitos del mismo. El objetivo fue determinar la condición actual del carbono almacenado en biomasa del matorral. El área de estudio se localiza en el predio denominado “Arroyo Seco” ubicado al poniente del municipio de Jesús María, Aguascalientes. Se utilizó el mapa publicado por el Centro de Investigación Woods Hole (WHRC) y la alianza MREDD+. El mapa integra el Inventario Nacional Forestal de México (INFyS), que provee mediciones de campo para 26000 lotes en todo México, El área de Arroyo Seco tiene una acumulación de carbono en la biomasa de 1 a 14 t/ha. sin embargo, con la construcción de un libramiento carretero se afectó un área que abarco valores de 1 a 11 t/ha de carbono por el cambio de eso de suelo. Con el mapa base podemos ver el antes y el después de la perturbación. El estudio de Arroyo Seco con el mapa base, muestra el papel del matorral xerófilo en el ciclo del carbono y la mitigación del cambio climático. Los resultados de este estudio pueden ser utilizados para establecer políticas públicas, iniciativas de conservación y prácticas de manejo forestal.

**Palabras clave:** *servicios ecosistémicos; arbustos; zonas áridas*

### 7.3. Aportación de árboles exóticos en la captura de carbono en bosques urbanos de Xalapa, Veracruz

Contreras-López Jazmín<sup>1,\*</sup>; Armenta-Montero Samaria<sup>2</sup> y Carvajal-Hernández César I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana. Dr. Luis Castelazo Ayala S/N, Industrial Animas. Rubí Animas, C.P. 91190. Xalapa-Enríquez, Veracruz. México.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana. José María Morelos 44, Zona Centro, Centro, 91000 Xalapa-Enríquez, Ver., México.

\*Autor para correspondencia: jazmin.contreras1967@gmail.com

#### Resumen

Los bosques urbanos (BU) son áreas verdes a gran escala que se desarrollan a la par con asentamientos humanos (tanto en el interior como en la periferia) y realizan contribuciones a la sociedad a través de bienes y servicios ecosistémicos. Albergan vegetación nativa y exótica, y se encuentran de manera fragmentada y en diferentes etapas de sucesión ecológica. El objetivo del estudio fue estimar el carbono arbóreo retenido por especies exóticas en bosques al interior de la ciudad: Campus CAD (CAD), Tejar Gárnica (TEJ) y en la periferia: Martinica (MAR) y Parque Clavijero (CLA). Se establecieron 59 parcelas de 20x20 m, se registraron todos los árboles exóticos (DAP $\geq$ 5 cm). Se analizó la distribución de diámetros, alturas y frecuencia de individuos. Se estimó la biomasa a través de ecuaciones alométricas, multiplicado por el factor de carbono. Se registraron nueve especies exóticas, la mayoría en los BU del interior de la ciudad. La especie que más contribuye en las tasas de carbono es *Jacaranda mimosifolia*. Las especies exóticas de los BU almacenan 16.48 Mg C ha<sup>-1</sup> en promedio. TEJ y CAD almacenan la mayor cantidad carbono arbóreo por especies exóticas, por el contrario, MAR y CLA presentaron menores tasas de almacenamiento. En los BU de Xalapa la representación de las especies exóticas es baja en comparación con las nativas, especialmente en los bosques con menor alteración, sin embargo, su aportación al almacenamiento de carbono es considerable si se unen al conjunto de servicios ecosistémicos que los bosques brindan.

**Palabras clave:** *Biomasa; bosque mesófilo de montaña; ecología urbana; ecuaciones alométricas, servicios ecosistémicos.*

## 7.4. Bosques de coníferas en riesgo: Evaluando el papel del cambio climático en la distribución de la densidad de carbono de biomasa aérea de los bosques de México

Méndez-González Jorge<sup>1,\*</sup>; Sandoval-García Carmela<sup>1</sup>; Flores Andrés<sup>2</sup>; Paz-Pellat Fernando<sup>3</sup>; Flores-López Celestino<sup>1</sup> y Cornejo-Oviedo Eladio H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada. Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coahuila. Mx.

<sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. Progreso 5, Coyoacán 04010, Cd. Mx.

<sup>3</sup>Programa Mexicano del Carbono y Colegio de Postgraduados, Estado de México, México.

\*Autor para correspondencia: jmendezg@hotmail.com

### Resumen

La precipitación afecta a la fisiología y al crecimiento de las especies, mientras que la temperatura regula procesos como la fotosíntesis, la respiración y la transpiración. Esta investigación tuvo como objetivo construir modelos bioclimáticos para evaluar el impacto del cambio climático en la densidad de carbono de la biomasa aérea (dCBVa) en bosques de coníferas de México para los años 2050 y 2070. Se usaron datos de dCBVA del Inventario Nacional de Forestal y Suelos (INFyS) de México y 19 variables bioclimáticas. Los predictores de dCBVa se identificaron utilizando «machine learning». El modelo fue entrenado (80%) y validado (20%) utilizando modelos lineales generalizados (GLM). La dCBVa actual y futura se estimó usando los mejores predictores bioclimáticos. Los valores futuros del dCBVa se estimaron promediando tres modelos de circulación general (GCM), derivados de proyecciones climáticas según cuatro trayectorias de concentración representativas (RCP): 2,6, 4,5, 6,0 y 8,5 W/m<sup>2</sup>. Los resultados sugieren una disminución de dCBVa en todos los escenarios climáticos, con pérdidas potenciales de hasta 15 Mg C ha<sup>-1</sup>. Según el escenario RCP 8.5, las reducciones más significativas de dCBVa podrían ocurrir al 2070, particularmente en las regiones centrales del país. La temperatura tiene mayor efecto en la dCBVa que la precipitación. Las variables bioclimáticas pueden explicar hasta el 20% de la variabilidad total del dCBVa. Estos hallazgos subrayan la urgente necesidad de estrategias de manejo forestal para abordar no solo la conservación de la biodiversidad sino también la preservación de la capacidad de almacenamiento de carbono en estos ecosistemas.

**Palabras clave:** *Bioclimáticas, Cambio Climático, Carbono, México, Coníferas.*

## 7.5. Carbono aéreo almacenado en una plantación forestal comercial de *Pinus pseudostrobus*

García-Martínez R.<sup>1</sup>; Sánchez-Marcos E.<sup>1</sup>; García-Urbina J.<sup>1</sup> y León-Bañuelos L. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Ingeniería Forestal, Tecnológico Nacional de México- TES Valle de Bravo. Carretera federal Monumento-Valle de Bravo, km 30, Ejido San Antonio de la Laguna, CP 51200, Valle de Bravo, Estado de México.

<sup>2</sup>División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México- TES Valle de Bravo. Carretera federal Monumento-Valle de Bravo, km 30, Ejido San Antonio de la Laguna, CP 51200, Valle de Bravo, Estado de México.

\*Autor para correspondencia: rgm1117@gmail.com.

### Resumen

El establecimiento de plantaciones forestales es una estrategia que permite producir madera y restaurar áreas sin cobertura forestal. Adicionalmente brindan servicios ambientales como la captura de carbono. En este sentido el objetivo de esta investigación fue cuantificar el almacén de carbono en una plantación de *Pinus pseudostrobus* de diez años en Villa de Allende, Estado de México. Para ello, se realizó un inventario para medir diámetro, altura y diámetro de copa de 122 árboles. Utilizando ecuaciones alométricas se calculó el almacén de biomasa y carbono aéreo. Adicionalmente se realizó un muestreo y análisis químico del suelo para determinar pH, conductividad eléctrica y almacén de carbono en este estrato. Las características de los árboles fueron: altura (5.23 m), diámetro (25.3 cm) y diámetro de copa (2.3 m). La biomasa calculada fue de 357.9 kg árbol<sup>-1</sup> y de carbono fue 178.9 kg árbol<sup>-1</sup>. Tomando en cuenta la densidad de plantación (766 árboles por hectárea) el almacén de biomasa fue de 274.2 Mg ha<sup>-1</sup> y carbono de 137.1 Mg ha<sup>-1</sup>. El suelo presentó un pH de 6.2 y C.E. de 0.21. La densidad aparente calculada fue de 0.70 Mg m<sup>-3</sup>. La cantidad de carbono almacenado en el suelo fue de 46.2 Mg ha<sup>-1</sup>. En total se determinó un almacén de 179.3 Mg ha<sup>-1</sup>, del cual, el suelo aportó 24 % y los árboles, 76 %. Al ser una plantación joven tiene potencial para incrementar el almacén de C, ya que en la región los árboles se cosechan entre los 15 y 30 años.

**Palabras clave:** *captura de carbono; plantaciones forestales comerciales; servicios ambientales; cambio climático.*

## 7.6. Modelo espacial para determinar zonas de peligro por incendios forestales en una microcuenca en Chiapas

**Pacheco-Torres Alan M.<sup>1,\*</sup>; José-Ríos Mauricio<sup>2</sup>; Pinto-Castillo José F.<sup>2</sup>; Vázquez-Morales Williams<sup>2</sup> y Raj-Aryal Deb<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Maestría es Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, Facultad de Ciencias Agronómicas C-V, Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas

<sup>2</sup>Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas C-V, Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas

\*Autor para correspondencia: alan.pacheco63@unach.mx

### Resumen

Los incendios forestales, históricamente, han sido considerados como agentes de cambios constantes en el paisaje, permitiendo la evolución de los sistemas de vida humanos, así como el de los ecosistemas naturales. Al propagarse sin control en la vegetación, los incendios forestales (IF) contribuyen directamente a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), siendo el principal gas liberado por la quema de combustibles forestales. El estado de Chiapas, por su parte, genera una gran cantidad de combustibles forestales en un corto periodo de tiempo, que, junto al mal uso que se le da al fuego y la sensibilidad que existe dentro de los ecosistemas, hacen al estado vulnerable ante la ocurrencia de incendios forestales. La presente investigación tuvo como objetivo principal identificar las áreas de peligro a incendios forestales en la microcuenca “La Unión” ubicado en el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, mediante un modelo espacial, bajo un enfoque de análisis multicriterio. Como resultado se obtuvieron cuatro categorías de peligro por incendios forestales en el territorio, de la cual, las zonas con categoría alta cumplen con ciertas características tales como: pendientes mayores a 55%; temperaturas mayores a 25 °C y cercanía a centros de población y vías de comunicación menores a 500 metros.

**Palabras clave:** *Incendios Forestales, Fuego Forestal, Modelo espacial, Análisis multicriterio, Microcuenca.*

## 7.7. Cuantificación de volumen, biomasa y contenido de carbono en *Pinus lawsonii* Roehl

Montoya-Jiménez Juan C.<sup>1,\*</sup>; Ruiz-González Cecilia G.<sup>2</sup>; Bautista-Calderón Eva A.<sup>3</sup>; García-Martínez René<sup>1,\*</sup> y Hernández-Soto Felipe N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México- TES Valle de Bravo, División de Ingeniería Forestal. Carretera Federal Monumento-Valle de Bravo, km 30. Ejido San Antonio de la Laguna. Valle de Bravo. Estado de México.

<sup>2</sup>Postgrado en fitopatología y entomología, Colegio de Postgraduados, Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México

<sup>3</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta y Atmósfera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km. 6.5 margen derecha canal Sacramento, C.P. 35150, Gómez Palacio, Durango, México

\*Autor de Correspondencia: rene.gm@vbravo.tecnm.mx, juan.mj@vbravo.tecnm.mx

### Resumen

Los problemas relacionados con el cambio climático se hacen presentes con mayor frecuencia y los bosques adquieren una relevancia importante ya que actúan como sumideros de carbono. Por lo que en el presente estudio se propuso cuantificar de forma indirecta el volumen, la biomasa y contenido de carbono y dióxido de carbono equivalente en *Pinus lawsonii*. Para obtener el volumen fustal se utilizó la ecuación de Shumacher y Hall reportada en literatura científica, la biomasa se obtuvo a partir del producto del volumen fustal y la densidad de la madera, el contenido de carbono se obtuvo a partir de multiplicar la biomasa fustal por el factor 0.50, finalmente el dióxido de carbono equivalente fijado en la biomasa seca se calculó a partir del producto del contenido carbono y el factor 3.666666667. Se observó que el volumen calculado a partir de la ecuación de Shumacher-Hall siguió una tendencia exponencial, el mismo comportamiento se observó en la biomasa, el carbono y el dióxido de carbono equivalente. se observó que los árboles con diámetros superiores a 55 cm tienen mayor volumen y en consecuencia mayor cantidad de biomasa, carbono y dióxido de carbono equivalente almacenado. Se cuantificó que en el predio forestal del TESVB con una superficie de 17.5 ha de bosque, se tiene un área basal de 141.95 m<sup>2</sup>, un volumen total de 1206.79125 m<sup>3</sup>, una biomasa de 579.26 Mg ha<sup>-1</sup>, un contenido de carbono de 289.63 Mg ha<sup>-1</sup> y un dióxido de carbono equivalente de 1061.97 Mg ha<sup>-1</sup>

**Palabras clave:** Ecuación, CO<sub>2</sub>e, área basal, diámetro normal.

## 7.8. Dinámica de carbono en bosques manejados de San Pedro El Alto, Oaxaca

**Santiago-Ramírez Eliaenaí<sup>1</sup>**; Plascencia-Escalante Francisca O.<sup>1</sup>; Ángeles-Pérez Gregorio<sup>1</sup>;  
De los Santos-Posadas Héctor M.<sup>1</sup>; Valdez-Lazalde José R.<sup>1</sup> y Vargas-Larreta Benedicto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56264, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/IT de El Salto. Calle Tecnológico N°101, Col. La Forestal, CP 34942, El Salto, P.N., Durango.

\*Autor para correspondencia: enaisantiago@gmail.com

### Resumen

El estudio sobre la dinámica de carbono en los bosques manejados de San Pedro el Alto, Oaxaca, analiza cómo las prácticas silvícolas contribuyen significativamente a la fijación y almacenamiento de carbono en estos ecosistemas. Utilizando sitios permanentes establecidos en 2014 y remedidos en 2022 y 2024, se evaluó la biomasa aérea y el contenido de carbono en diferentes condiciones silvícolas. Los resultados mostraron un volumen promedio de 453.2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y una densidad de 585 árboles ha<sup>-1</sup> en 2024. La acumulación de biomasa fue de 226.7 Mg ha<sup>-1</sup>, mientras que el carbono almacenado alcanzó los 106.6 Mg ha<sup>-1</sup>. A pesar de un aumento general en el carbono almacenado entre 2014 y 2022, en 2024 se observó una ligera disminución, atribuida a intervenciones de aclareo y mortalidad natural, excepto en una de las condiciones silvícolas estudiadas. El manejo forestal se revela como un factor clave, especialmente en los rodales jóvenes, donde se registraron las mayores tasas de fijación de carbono, alcanzando hasta 3.31 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el periodo 2014-2022. Estos resultados subrayan la importancia de las prácticas de manejo forestal para maximizar tanto la producción de madera como la provisión de servicios ecosistémicos, como la captura de carbono, en el contexto del cambio climático. Los bosques de San Pedro el Alto, con su capacidad de almacenar grandes cantidades de carbono, también ofrecen un potencial significativo para futuros proyectos de bonos de carbono.

**Palabras clave:** *carbono aéreo; sitios permanentes; fijación de carbono.*

## 7.9. Cuantificación de carbono orgánico en suelos con sistemas agroforestales de café en Huatusco Veracruz, México

Bautista-Calderón Eva A.<sup>1,\*</sup>; Cajuste-Bontemps Lenom<sup>2</sup>; Montoya-Jiménez Juan C<sup>3</sup> y Ojeda-Trejo Enrique<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta y Atmósfera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km. 6.5 margen derecha canal Sacramento, C.P. 35150, Gómez Palacio, Durango, México.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. 56230 Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México- TES Valle de Bravo, División de Ingeniería Forestal. Carretera Federal Monumento-Valle de Bravo, km 30. Ejido San Antonio de la Laguna. Valle de Bravo. Estado de México.

\*Autor de correspondencia: bautista.eva@inifap.gob.mx

### Resumen

En los ecosistemas terrestres uno de los principales almacenes de carbono (C) es el suelo, sin embargo, esto es alterado por el constante cambio en el uso del suelo. Lo que conlleva a que se convierta en fuente o en sumidero de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico. Lo cual juega un papel fundamental en el cambio climático global. En algunos casos estos cambios radican en la sustitución de la vegetación natural por sistemas productivos como lo son los Sistemas agroforestales de café (SAF), los cuales se caracterizan por presentar una gran diversidad de especies arbóreas y arbustivas asociadas a las plantaciones de café. El presente estudio se realizó con el objetivo de conocer la variación de los contenidos de carbono orgánico en suelos (COS) con cubierta terrestre asociada a los SAF de café. Para ello se estimaron los contenidos de COS en los suelos Mollisols, Alfisols, Inceptisols y Entisols asociados a los SAF de café representativos de la zona: Policultivo Tradicional (PT), Policultivo Comercial (PC) y Monocultivo Especializado (ME). Los resultados del contenido de COS fueron de 115.86 Mg·ha<sup>-1</sup> para los Mollisols, 105.90 Mg·ha<sup>-1</sup> para los Alfisols. Los Inceptisols reportaron contenidos de 95.77 Mg·ha<sup>-1</sup> y finalmente los de menor contenido fueron los Entisol con 14.31 Mg·ha<sup>-1</sup>. Finalmente, los suelos con SAF de café tipo PT fueron lo que reportaron mayor contenido de COS con 118.54 Mg·ha<sup>-1</sup>, seguido del ME y PC con 94.96 Mg·ha<sup>-1</sup> y 85.56 Mg·ha<sup>-1</sup> respectivamente.

**Palabras clave:** *cambio climático; dióxido de carbono; materia orgánica; policultivo comercial; policultivo tradicional; monocultivo especializado.*

## 7.10. Distribución tridimensional del carbono orgánico del suelo en la ladera oeste del volcán Tláloc, Sierra Chichinautzin, Centro de México

López-Blanco Jorge<sup>1</sup>; Rodríguez-Gamiño Lourdes<sup>2,\*</sup>; Vela-Correa Gilberto<sup>3</sup> y Monsalvo Héctor<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Global Change Consulting. Barquera 13-B509, Merced Gómez, Benito Juárez, 03930, CdMx

<sup>2</sup>Colegio de Geografía, FFyL, UNAM. Universidad 3000, Circuito Exterior S/N, Cd. Universitaria, Coyoacán, 04510, CdMx

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-X, Lab. de Edafología. Calz. del Hueso 1100, Villa Quietud, Coyoacán, 04960, CdMx

\*Autor para correspondencia: lulugamino@hotmail.com

### Resumen

Se determinó la concentración de carbono atmosférico fijado en el suelo en siete perfiles realizados en la ladera oeste del volcán Tláloc, Sierra Chichinautzin, Centro de México. En cada perfil, se caracterizó la morfogénesis del relieve (origen/tipo/litología/cronología/geometría). Para cada perfil se realizó una calicata y se hizo su descripción morfológica, se tomó muestra de cada horizonte. En laboratorio se obtuvo la densidad aparente ( $D_a$ ) y carbono orgánico (CO). El COS se calculó con base en la ecuación:  $COS = (CO * D_a * P_s * Sup) / 100$ . La distribución vertical del COS atmosférico fijado en el suelo, para los siete perfiles y sus horizontes correspondientes, se expresó en una gráfica combinada. Los resultados mostraron que las laderas de montaña *medias* de flujos lávicos de andesita basáltica y depósitos piroclásticos, del Holoceno, del occidente del Tláloc (Pf-4), son el principal reservorio de  $CO_2$  atmosférico fijado en suelo, con un valor total de  $57.0 \text{ kg m}^{-2}$ , y con valores máximos en sus horizontes Ah y AC de  $26.9$  y  $26.7 \text{ kg m}^{-2}$ , respectivamente. El valor más bajo de COS total está en el perfil Pf-1 ( $36.5 \text{ kg m}^{-2}$ ) de relieve Endógeno volcánico acumulativo de laderas de montaña *externas* de cono de escoria andesítica basáltica del Holoceno.

**Palabras clave:** *densidad aparente; perfil del suelo; horizontes; tipo/clase de relieve; morfogénesis.*

## 7.11. Ajuste de ecuaciones alométricas para cuantificar carbono en *Agave salmiana* en el estado de Hidalgo

Carrillo-Anzures Fernando<sup>1</sup>; Acosta-Mireles Miguel<sup>1</sup>; Becerra-Luna Francisco<sup>2</sup> y Flores-Ayala Eulogio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional Centro-Campo Experimental Valle de México. Km. 13.5 Carretera Los Reyes Texcoco, Coatlinchan, Texcoco Estado de México. C.P. 56250

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional Centro-Campo Experimental Sitio Experimental Hidalgo Carretera Pachuca-Tulancingo 104 A, Col. Felipe Ángeles, Pachuca de Soto Hidalgo, C.P. 42090

\*Autor para correspondencia: acosta.miguel@inifap.gob.mx

### Resumen

México es reconocido como el centro de origen del agave o maguey, con mayor diversidad biológica y cultural en el mundo. Esta planta ha tenido diversos usos económicos y sociales en toda la historia de México. Se ha aprovechado como fuente de alimento, bebida, medicina, combustible, construcción, ornato, fibras, conservación de suelos y agua, y para la producción de bebidas alcohólicas. El agave brinda también, diversos servicios ambientales entre los que se encuentran la restauración de suelos, control de la erosión, fertilidad del suelo y almacenamiento de carbono. Sin embargo, aún existe desconocimiento de su potencial de captura de carbono. Mediante un análisis destructivo de 19 plantas de *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck de diferentes tamaños obtenidos del rancho “El Aserradero” del Municipio de Cuautepec de Hinojosa, Hidalgo. Estadísticamente, se ajustaron tres modelos alométricos de regresión de forma potencial para estimar la cantidad de carbono orgánico en Kg por planta, en función de las variables: diámetro promedio de la roseta ( $D_r$  = amplitud promedio de las pencas), altura total y diámetro de la base de la planta. Se encontró que el modelo ( $C = 0.00001D_r^{2.4853}$ ) que mejor se ajusta a la relación cantidad de carbono, en función de una variable independiente, es con la amplitud de ancho de las pencas con un coeficiente de determinación de 0.9856.

**Palabras Clave:** *Biomasa; Almacenamiento; Bebida alcohólica; Conservación de suelos; Maguey Pulquero*

## 7.12. Dinámica de la expansión y contracción radial de leguminosas en un bosque tropical seco: un análisis eco-dendrológico

Barredez-León Luis F.<sup>1</sup>; Mukund Palat Rao<sup>2,3</sup>; Tarin Tonantzin<sup>4</sup>; Bojórquez Adrián<sup>1</sup> y Yepez Enrico A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818 sur, C.P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México.

<sup>2</sup>Centro de Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales, Barcelona (Bellatera), España

<sup>3</sup>Tree Ring Laboratory, Lamont Doherty Earth Observatory of Columbia University, E.E.U.U.

<sup>4</sup>Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México City 04510, México

\*Autor para correspondencia: luis.barredez212905@potros.itson.edu.mx; eyepez@itson.edu.mx

### Resumen

Los bosques tropicales secos (BTS) cubren el 42 % de las regiones tropicales del mundo, son ecosistemas caracterizados por una alta estacionalidad de épocas húmedas y secas. La época seca llega a prolongarse hasta ocho meses. La región de Álamos, Sonora forma parte del límite más norteño de la distribución del BTS en México. Los BTS contribuyen a la biodiversidad local, regulación del clima regional y global, a través de los flujos de agua y carbono. El ecosistema BTS alberga una gran diversidad de especies de flora y fauna adaptadas a condiciones de sequía, considerándose muchas de ellas endémicas de este bosque. Entre estas especies están las leguminosas leñosas que desempeñan un papel crucial en el BTS, ya que muestran una dominancia relativa en la biodiversidad, son de crecimiento rápido y pueden fijar nitrógeno, atributos que controlan la función y productividad de este ecosistema. Sin embargo, aún se requiere más investigación para entender cómo las especies del BTS responden a fenómenos climáticos extremos, como sequías prolongadas, olas de calor, o precipitaciones intensas. Una herramienta que está siendo muy usada para medir la respuesta de las especies leñosas a cambios ambientales son los dendrometros. Con el uso de estos instrumentos permiten monitorear la expansión, contracción y el crecimiento de los árboles permite en función de fenómenos climáticos extremos y ambientales en el BTS. El objetivo de este estudio es analizar la relación entre la expansión, contracción y el crecimiento arbóreo en función la variabilidad climática y la fenología del BTS, para aportar información útil para entender el funcionamiento del bosque para apoyar estrategias de conservación y manejo sostenible de estos ecosistemas en un contexto de cambio climático.

**Palabras clave:** *monitoreo meteorológico; incremento radial; dendrómetros; estacionalidad; dendrometría*





Sección 8

**SISTEMAS**

**AGROPECUARIOS**

## 8.1. Carbón Farming MED: Impulsando la agricultura resiliente en el Mediterráneo a través del cultivo de Carbono como modelo de negocios

Torres-Guerrero Carlos A.<sup>1,\*</sup>; Senán-Salinas Jorge<sup>1</sup> y Colón Joan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>BETA Tech Center. (TECNIO Network), Universidad de Vic - Universidad Central de Cataluña. Ctra. De Roda 70, 08500 Vic, España.

\*Autor para correspondencia: carlosalberto.torres@uvic.cat

### Resumen

El cultivo de Carbono (*Carbon Farming*) es un innovador modelo de negocios en el que los agricultores pueden ser compensados por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o remover Carbono mediante la gestión agrícola sostenible. El proyecto Carbon Farming MED, cofinanciado por el programa Interreg EURO-Med, tiene como objetivo promover la agricultura resiliente en el mediterráneo mediante la implementación de prácticas agroforestales y de agricultura regenerativa. Busca optimizar los flujos de ingresos y fomentar la adopción del mercado de créditos de Carbono en la región. Carbon Farming MED será la primera plataforma digital en el Mediterráneo que asistirá a agricultores y/o consultores en el proceso de verificación para la generación de créditos de Carbono. El proyecto incluye la participación de nueve socios de entidades públicas, privadas y transnacionales de seis países mediterráneos, como la Federación Europea de Agroforestería, o el Consejo para la investigación en agricultura y economía agraria de Italia. Hasta ahora, el proyecto ha desarrollado un marco conceptual para los modelos de monitoreo, reporte y verificación (MRV) más adecuados para la generación de créditos de Carbono en la región. Se creará y validará una plataforma digital con los MRV seleccionados, y los datos obtenidos de la cuantificación de las reservas de Carbono del suelo serán contrastados y validados en parcelas piloto en España e Italia mediante un modelo híbrido de modelización y muestreo. Esta plataforma se convertirá en un punto de encuentro entre compradores y vendedores de créditos de Carbono de la región o con condiciones edafoclimáticas similares.

**Palabras clave:** *Mercado voluntario de carbono, esquemas MRV, Carbono orgánico en el suelo (COS).*

## 8.2. Modelo CLEANED para simular GEI y flujo de Carbono en sistemas bovinos leche en México

Osorio-Montor Tania G.<sup>1</sup>; Castelán-Ortega Octavio A.<sup>2</sup>; Rojo-Rubio Rolando<sup>1</sup>; y Avilés-Nova Francisca<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario UAEM-Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Toluca - Tejupilco Km. 67.5, Cp 51300, Temascaltepec de González, Estado de México.

<sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, C.P. 50295, Toluca, Estado de México.

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

### Resumen

La producción agropecuaria ha cobrado en los últimos años atención internacional debido a la competencia por los recursos naturales escasos y su efecto ambientales negativo en los suelos, la biodiversidad, el agua y el aire. El objetivo del trabajo fue simular la emisión de gases efecto invernadero (GEI) y flujo de carbono (C) en cuatro unidades de producción de ganado bovino lechero a pequeña escala a través de la utilización del modelo matemático CLEANED. Para la calibración del modelo se utilizó información a nivel UP obtenida mediante cuestionarios y visitas en campo a productores. Las emisiones de GEI por unidad de producto variaron según el manejo e intensificación entre UP (4.8, 3.99, 8.93, 5.88 kg CO<sub>2</sub> eq. /kg FPCM) donde la UP 2 presentó mayor emisión, además en el balance de GEI, la emisión de CH<sub>4</sub> entérico fue mayor en relación con las otras UP (48,768 kg CO<sub>2</sub>e/ha<sup>1</sup>). No obstante, en el balance de C, las UP 1 y UP3 presentaron un balance positivo (-3.6 y 19.85 kg CO<sub>2</sub> eq. /kg FPCM), lo cual indica mayor almacenamiento de C que la emisión de GEI por producto leche. El modelo CLEANED es una herramienta que a través de la simulación provee información de utilidad referida a GEI para los tomadores de decisiones, políticos y productores, para favorecer mayor promoción/adopción de tecnologías que mitiguen la emisión de GEI y aumentar el almacenamiento de C en los sistemas bovinos leche en México.

**Palabras clave:** *Gases de efecto invernadero; ganadería; mitigación; modelación.*

### 8.3. Caracterización de sistemas silvopastoril dentro de la Cuenca del río Usumacinta, Tenosique, Tabasco

Morales-Ruiz Danilo E.<sup>1,\*</sup>; Aryal Deb Raj<sup>2</sup>; Villanueva-López Gilberto<sup>3</sup>; Pinto-Ruiz René<sup>1</sup>; Venegas-Venegas José A.<sup>2</sup>; Casanova-Lugo Fernando<sup>4</sup>; Guevara-Hernández Francisco<sup>1</sup> y Reyes-Sosa Mariela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas;

<sup>2</sup>CONAHCYT-UNACH, Facultad de Ciencias Agronómicas;

<sup>3</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, Tabasco, México

<sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Zona Maya, Quintana Roo

\*Autor para correspondencia: morales@outlook.com

#### Resumen

La acelerada deforestación del estado de Tabasco debido a la actividad ganadera extensiva ha resultado en la disminución de la cobertura vegetativa original y carbono almacenado en ecosistemas naturales. Este proceso de cambio uso de suelo continua por diversas situaciones socioeconómicas. En este sentido la implementación de sistemas silvopastoriles representa una opción viable para mitigar los efectos negativos de deforestación. El objetivo de este estudio fue, caracterizar los sistemas y cuantificar el carbono almacenado en sistemas silvopastoriles dentro de la cuenca del río Usumacinta, Tenosique. Se aplicó una encuesta semiestructurada a los productores se calculó el valor de importancia relativa de las especies arbóreas, se cuantifico carbono en biomasa arborea, pasto y hojarasca en cuarenta parcelas de muestreo, diez por cada sistema: arboles dispersos en potrero, cercas vivas, plantaciones forestales y monocultivo de pasto. Se identificaron 21 especies diferentes de árboles, de 1130 individuos registrados. El índice de valor de importancia relativa mostró que *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea* fueron las especies más dominantes en el sistema ADP, *Gliricidia sepium* en CV y *Tectona grandis* en el PF. El número promedio de especies varió de 11 a 15 en cada sistema. El almacenamiento de carbono vario entre sistemas silvopastoriles y MNP. Siendo PF el que almaceno un 87 % más carbono con respecto a monocultivo de pasto. Los resultados sugieren que existe una necesidad potencial de ampliar la investigación en más reservorios y ofrecer mayor educación sobre el uso e implementación de los sistemas silvopastoriles y sus servicios ecosistémicos.

**Palabras clave:** *Etnobotánica, leguminosas, arbóreas, servicios ecosistémicos, forestales.*

## 8.4. Carbono orgánico del suelo en cafetales del centro de Veracruz en un gradiente altitudinal

**Tinoco-Rueda Juan Angel<sup>1,2,\*</sup>**; Merino-García Agustín<sup>2</sup>; Valdés-Velarde Eduardo<sup>3</sup> y Escamilla-Prado Esteban<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo, km 6 carretera Huatusco-Xalapa, Huatusco, Veracruz.

<sup>2</sup>Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España.

<sup>3</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 carretera Texcoco-México, Texcoco, México.

\*Autor para correspondencia: jtinocor@chapingo.mx

### Resumen

Los cafetales diversificados son sistemas agroforestales multiestratos en donde cafetos se asocian con plantas perennes multipropósito para configurar agroecosistemas multifuncionales. Esta modalidad de sistemas de producción de café propicia la provisión de servicios ecosistémicos como es la mitigación del cambio climático mediante el almacenamiento del carbono en el suelo y en la biomasa. El objetivo del presente estudio fue cuantificar el carbono orgánico del suelo de tres sistemas de producción de café (policultivo tradicional, especializado, y pleno sol) del centro de Veracruz en un gradiente altitudinal. Se colectaron 14 muestras de suelo a tres diferentes profundidades (0-10, 10-20, y 20-30 cm) en cafetales ubicados en tres rangos altitudinales: alto (1,200 a 1,500 msnm), medio (900 a 1,200 msnm) y bajo (600 a 900 msnm). Las muestras de suelo se secaron en laboratorio mediante un horno de secado y el contenido de carbono se obtuvo mediante un analizador LECO en la Universidad de Santiago de Compostela. Como resultado se encontró que el sistema especializado en el rango altitudinal alto registró la mayor cantidad de carbono orgánico del suelo (COS) con 113 MgC ha<sup>-1</sup>, mientras que el sistema a pleno sol el menor contenido con 29 MgC ha<sup>-1</sup>. En todos los tratamientos se registró mayor COS en la profundidad de 0 a 10 cm. Se concluye que el tipo de sistema de cultivo y la altitud son factores combinados que afectan la dinámica del carbono en el suelo en cafetales y determinan su potencial de almacenamiento.

**Palabras clave:** *flujos de carbono; cafeticultura; mitigación.*

## 8.5. Revisión: Almacén de Carbono en Sistemas agroforestales de café como alternativa ante el cambio climático

Molina-Alvarado Daniel<sup>1,\*</sup>; Raj-Aryal Deb<sup>2</sup>; Casanova-Lugo Fernando<sup>3</sup>; Venegas-Venegas José. A.<sup>2</sup>; Guevara-Hernández Francisco<sup>2</sup> y Pinto-Ruíz René<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maestrian en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V. Universidad Autónoma de Chiapas

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V. Universidad Autónoma de Chiapas.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México-Campus IT Zona Maya.

\*Autor por correspondencia: daniel.molina31@unach.mx

### Resumen

Las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmosfera va en aumento, actualmente se reporta una emisión de 423.23 ppm. El planeta se ha calentado +1.2°C y se estima para los años 2030-2035 alcanzaremos aumento de 1.5°C. Por ello, surge la necesidad de realizar acciones que permitan bajar dichas concentraciones de CO<sub>2</sub>. La actividad agricola cafetalera es una de ellas, ya que a traves del proceso de fotosintesis captura el CO<sub>2</sub> que se encuentra de forma gaseosa y lo almacena en los tejidos leñosos, aporta materia vegetal muerta que se descompone y el carbono se integra al suelo. Se realizó una búsqueda para obtener información confiable que permitiera abordar el tema con datos relevantes sobre la captura de carbono en los sistemas agroforestales de café (SAF) en Latinoamérica. Tomando en cuenta el aporte de estos sistemas en la captura de carbono en el reservorio de la biomasa viva y suelo. Se realizó una uniformización de los datos de carbono en el suelo a una profundidad de 0-30 cm y 30-100 cm para todos los trabajos aquí reportados. Se resalta a los países en donde se almacena más carbono en ambos reservorios, biomasa arbórea y suelo, que son Perú y México con los datos superiores de almacén de carbono comparado con el resto de los estudios. El sistema agroforestal de café es un sumidero importante de carbono en Latinoamérica que contribuye a la mitigación del cambio climático al almacenar una cantidad importante de carbono total.

**Palabras clave:** *aumento de temperatura; captura; reservorio; Latinoamérica; mitigación.*

## 8.6. Indicadores para la evaluación de una dieta sostenible

**Pérez-Torres Lisouli**<sup>1,2</sup>; **Yépez Enrico A.**<sup>3</sup>; **Lindig-Cisneros Roberto**<sup>2</sup>; **Moreno-Calles Ana I.**<sup>4</sup> y **De la Barrera Erick**<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, México City 04510, MEXICO.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán 58190, MEXICO.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora 85000, MEXICO.

<sup>4</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán 58190, MEXICO.

\*Autor para correspondencia: delabarrera@unam.mx

### Resumen

La intensificación de las prácticas agrícolas en respuesta a la creciente demanda de alimentos contribuye a la degradación ambiental. Los patrones alimentarios actuales agravan estos problemas, favoreciendo alimentos que son económicamente accesibles pero perjudiciales tanto para el medio ambiente como para la salud. Este trabajo propone un marco teórico para la evaluación de la sostenibilidad alimentaria, denominado "huella alimentaria", que integra indicadores ambientales, sociales y económicos. En particular, se destaca el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero, que juegan un papel clave en la degradación ambiental vinculada a la producción de alimentos. El marco se aplicó a las dietas Occidental, Mediterránea, Atlántica y Mexicana, y se comparó con una dieta Planetaria saludable. Se calculó un Índice Sintético de la Huella Alimentaria para estas dietas, revelando que la dieta Occidental tiene el mayor impacto, lo que indica su insostenibilidad, mientras que la dieta Mexicana es la más sostenible. Este marco puede informar políticas y prácticas alimentarias sostenibles, para disminuir la huella alimentaria e impulsar la transición hacia dietas sostenibles, guiando tanto las decisiones individuales como las políticas gubernamentales hacia un sistema alimentario más resiliente y responsable.

**Palabras clave:** *Impacto ambiental; límites planetarios; dietas; seguridad alimentaria*

## 8.7. Emisiones de óxido nitroso en caña de azúcar: ¿Es posible permanecer en concentraciones límite permitidas?

Marín-Betanzos Cinthia<sup>1</sup>; Medorio-García Heidi P.<sup>2</sup>; Chavez-Vergara Bruno M.<sup>3</sup>; Martínez-Hernández Sergio<sup>1</sup> y Perroni-Ventura Yareni<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Avenida de Las Culturas Veracruzanas 101, Col. Emiliano Zapata, Xalapa, CP 91090, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Avenida Universidad Km 7.5 Col. Santa Isabel C.P. 96538 Coatzacoalcos, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Avenida Universidad, No. 3000, UNAM CU, Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510

\*Autor para correspondencia: yperroni@uv.mx

### Resumen

El óxido nitroso ( $N_2O$ ) es un potente gas de efecto invernadero, cuyo impacto en el calentamiento global es 298 veces mayor que el del dióxido de carbono. El  $N_2O$  se genera en suelos agrícolas principalmente a través de la desnitrificación y nitrificación exacerbadas por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados. El objetivo de este estudio fue evaluar las emisiones de  $N_2O$  bajo diferentes dosis de fertilizante inorgánico en parcelas de caña de azúcar. La metodología incluyó la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización (sin fertilizar, 200 kg/ha, 200 kg/ha + bicarbonato, 400 kg/ha y 600 kg/ha) y el monitoreo de las emisiones utilizando cámaras estáticas cerradas con bloqueo y sin bloqueo de acetileno. Los resultados indicaron un aumento en las emisiones de  $N_2O$  a medida que incrementaba la dosis de fertilizante. Sin embargo, ninguna de las dosificaciones sobrepasó los valores límites permitidos por la IPCC para suelos agrícolas (1% del fertilizante aplicado). Este resultado puede atribuirse a la proporción N:P:K específica utilizada en el fertilizante y a la forma de aplicación del fertilizante que consistió en localizarlo bajo 5 cm del suelo y cerca de las raíces y a los 3 meses de desarrollo del cultivo. Estrategias para eficientizar el uso óptimo del nitrógeno en el suelo por la planta pueden minimizar el impacto ambiental del uso de fertilizantes nitrogenados. No obstante, el monitoreo en las mediciones de  $N_2O$  en suelos agrícolas en diferentes condiciones podría darnos pistas para conocer factores asociados de influencia en la optimización de fertilizantes nitrogenados.

**Palabras clave:** *fertilizantes nitrogenados; suelo agrícola; Oaxaca; gas de efecto invernadero; desnitrificación.*

## 8.8. Distribución del carbono orgánico en cafetales de la Sierra Madre de Chiapas: efectos de la altitud y el tipo de cafetal

Salvador-Castillo José M.<sup>1</sup>; Bolaños-González Martín A.<sup>1,\*</sup>; Ramírez-Guzmán Martha E.<sup>2</sup> y Villa-Herrera Adán<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Hidrociencias; Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, C.P. 56264.

<sup>2</sup>Posgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática-Estadística y Ciencia de datos; Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, C.P. 56264.

\*Autor para correspondencia: martinb72@gmail.com

### Resumen

El carbono del piso de los sistemas agroforestales de café es fundamental para mantener la salud del suelo, mejorar la productividad agrícola y contribuir a la captura de carbono. Este estudio evaluó el efecto de la altitud en la distribución del carbono orgánico (CO) en el piso de dos sistemas de producción de café (policultivo comercial y monocultivo) en la Sierra Madre de Chiapas. Se recolectaron muestras en 20 sitios a altitudes inferiores a 700 m, 26 sitios entre 700 y 1200 m, y 20 sitios a más de 1200 m, siguiendo las directrices del Manual de Procedimientos de Inventario de Carbono+ del Programa Mexicano del Carbono. Las variables evaluadas incluyeron el contenido y la concentración del CO en el suelo y el matillo (hojarasca y capa de fermentación). Los datos fueron tratados mediante un diseño factorial 3×2 (tres niveles de altitud y dos tipos de cafetal). Los resultados indicaron que el monocultivo presentó una mayor cantidad de CO en el matillo ( $p<0.05$ ) en comparación con el policultivo, mientras que las parcelas situadas a más de 1200 msnm mostraron un mayor contenido y concentración de CO en el suelo ( $p<0.05$ ), respecto a las ubicadas a menor altitud. No se encontraron interacciones significativas entre la altitud y el tipo de cafetal. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la altitud en las estrategias de manejo para optimizar el secuestro de carbono en los cafetales y su potencial para contribuir a la mitigación del cambio climático.

**Palabras clave:** *Coffea arabica*, Secuestro de carbono, Mitigación del cambio climático, Sistemas agroforestales

# PM

Programa Mexicano del Carbono

---

RED TEMÁTICA DEL **CONACYT**



 THE OCEAN  
FOUNDATION

**Stanford** | México Clean  
Economy 2050