



**Compiladores:**  
 J. Martín Hernández  
 Marlen Rojo  
 Mario Manzano  
 Martín Bolaños

Monterrey, Nuevo León  
 2021



Programa Mexicano del Carbono

# MEMORIA

## Resúmenes Cortos





SIMPOSIO  
INTERNACIONAL



DEL  
CARBONO  
MONTERREY,



EN  
MÉXICO  
NUEVO LEÓN

**PMG**  
Programa Mexicano del Carbono  
RED TEMÁTICA DEL CONACYT

 **Tecnológico  
de Monterrey**

**Stanford** | México Clean  
Economy 2050

 **THE OCEAN  
FOUNDATION**

 **CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

 **Centro CEMEX-Tecnológico de Monterrey**  
para el Desarrollo de Comunidades Sostenibles

 **INECC**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA Y  
CAMBIO CLIMÁTICO

Programa Mexicano del Carbono A.C.  
Calle Chiconautla No. 8 Interior A  
Colonia Lomas de Cristo, C.P. 56230  
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.

XII SIMPOSIO INTERNACIONAL DEL  
CARBONO EN MÉXICO

MEMORIA DE  
RESÚMENES CORTOS

**J. Martín Hernández, Marlen Rojo,  
Mario Manzano y Martín Bolaños**  
Compiladores

Programa Mexicano del Carbono

Monterrey, México

Octubre 2021

# CONTENIDO

## Sección 1

### ATMÓSFERA

1

- |      |  |   |
|------|--|---|
| 1.1. | Evaluación de Carbono Negro en la ciudad de San Luis Potosí durante el período de 2018 al 2020                           | 2 |
| 1.2. | Distribución espacial de CO <sub>2</sub> en la Zona Metropolitana del Valle de México obtenida de mediciones satelitales | 3 |
| 1.3. | Flujos de dióxido de carbono en Ciudad Juárez, Chihuahua   | 4 |
| 1.4. | Modelación de turbulencia en la capa límite planetaria empleando CLASS en Valle del Yaqui, México                        | 5 |
| 1.5. | Variabilidad temporal del intercambio de CO <sub>2</sub> aire-agua en una laguna costera subtropical semiárida           | 6 |
| 1.6. | Respiración del suelo como indicador del avance de la restauración de bosque en un valle aluvial de montaña tropical     | 7 |
| 1.7. | Escenarios de mitigación de GEI provenientes del autotransporte a gasolina en México                                     | 8 |
| 1.8. | Propuesta de un sistema portátil de medición de pCO <sub>2</sub> de costo asequible                                      | 9 |

## Sección 2

### BIOENERGÍA

11

- |      |  |    |
|------|--|----|
| 2.1. | Cinética de degradación térmica de residuos forestales de <i>Pinus montezumae</i> mediante estudio termogravimétrico | 12 |
|------|--|----|

## Sección 3

### DIMENSIÓN SOCIAL

13

- |      |  |    |
|------|--|----|
| 3.1. | Instrumentos de política ambiental y su vinculación a redes comunitarias a partir de la innovación sistémica en el manejo forestal | 14 |
|------|--|----|

3.2.	De la gobernanza forestal global a la legitimidad de la Estrategia REDD+ en México: Una visión desde los retos jurídicos	15
3.3.	Proyecto de Conservación Voluntaria y Mitigación Natural del Cambio Climático en el Ejido Sisal, Yucatán	16
3.4.	Estrategia para el análisis objetivo de la generación de mapas del carbono orgánico de los suelos en México: técnicas geoestadísticas e integración de información	17
3.5.	Estrategia para el análisis objetivo de la generación de mapas del carbono orgánico de los suelos en México: técnicas multifractales	18
3.6.	Iniciativa “Biogeoquímica de los Suelos Mexicanos: Información y Conocimiento”	19
3.7.	Hacia un esquema de asistencia técnica y compensación financiera confiable de reducción de emisiones en el manejo ganadero del país	20

## Sección 4

### ECOSISTEMAS ACUÁTICOS 21

4.1.	Concentración y evasión de CO <sub>2</sub> en el Río Usumacinta, México	22
4.2.	Emisiones de CO <sub>2</sub> en los lagos kársticos tropicales del Parque Nacional “Lagunas de Montebello”, Chiapas	23
4.3.	Biomasa de los macroinvertebrados bentónicos de dos lagos tropicales de alta montaña	24
4.4.	Almacenes de carbono en dos lagos tropicales de alta montaña, El Sol y La Luna, Nevado de Toluca	25

## Sección 5

### ECOSISTEMAS COSTEROS 27

5.1.	¿Cómo medir, monitorear y reportar carbono en manglares en restauración?	28
5.2.	Proyecto de carbono azul Taab Ché: Potencial de mitigación en dos sitios piloto de Quintana Roo, México	29
5.3.	Acidificación Costera una laguna del Pacífico mexicano	30
5.4.	Conservación del carbono en manglares: herramienta de mitigación al cambio climático en Los Petenes, Campeche	31

5.5.	Mitigación y potencial de captura de carbono aéreo en manglares mexicanos	32
5.6.	Evaluación retrospectiva de la acumulación de carbono orgánico en sedimentos de manglar de sitios contrastantes de la laguna de Términos (Campeche)	33
5.7.	Potencial de hidrógeno en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, Oaxaca, México	34
5.8.	Pastos marinos como almacenes de carbono en lagunas de ANP's en el Golfo de México y Caribe Mexicano	35
5.9.	Instrumentos de conservación para el manejo de los ecosistemas de carbono azul en México	36
5.10.	Mapeo de la cobertura y carbono orgánico aéreo en pastos marinos del Parque Costa Occidental Isla Mujeres	37
5.11.	Estudio del Sistema de carbonatos en la laguna de Términos, Campeche	38
5.12.	Dinámica del carbono (almacenamiento y captura) en un transecto del manglar El Playón en Sian Ka'an, Quintana Roo	39
5.13.	Sistema del CO <sub>2</sub> en condiciones de post-tehuano en Bahías de Huatulco, Oaxaca, México	40

## Sección 6

# ECOSISTEMAS MARINOS 41

6.1.	Variabilidad espacial de la pCO <sub>2</sub> en tres regiones del Pacífico frente a México	42
6.2.	Distribución de la biomasa macrofaunal en cuatro localidades del mar profundo del golfo de México	43
6.3.	Biogeoquímica del sistema del carbono - oxígeno por incursión del Agua Caribeña al Golfo de México	44
6.4.	Distribución superficial de pH y Omega aragonita frente a la bahía de Manzanillo, México, durante abril de 2019	45
6.5.	Distribución espacial del estado de saturación de aragonita y pH durante diciembre de 2020 en isla La Blanca, Oaxaca	46
6.6.	Distribución vertical de la hidrología y algunas variables del sistema del carbono en Guaymas 2016 y Mulegé 2017, golfo de California, México	47

6.7.	Intensa desnitrificación en una bahía tropical del Golfo de California	48
6.8.	Sistema de carbono en dos zonas de surgencias en el Sistema Frontal de Baja California Sur en 2019	49
6.9.	Progresión del calentamiento y la acidificación del océano a largo plazo en el golfo de Tehuantepec	50

## Sección 7

### ECOSISTEMAS TERRESTRES 51

7.1.	Guía para la construcción de ecuaciones alométricas: —¿y la validación? — También	52
7.2.	Reservas de carbono orgánico del suelo en un Chernozem bajo dos usos de suelo	53
7.3.	Las quemas prescritas y su efecto en el almacenamiento de carbono en ecosistemas forestales en Chiapas, México	54
7.4.	Inventario de biomasa y carbono del sistema radicular en un bosque templado de Guerrero, México	55
7.5.	Impacto del escarabajo descortezador en la captura y almacenamiento de carbono arbóreo en bosques de Oaxaca, México	56
7.6.	Almacén de carbono en el suelo de plantaciones forestales de pino en la cuenca Amanalco-Valle de Bravo, Estado de México	57
7.7.	Almacén de Carbono Orgánico en suelos forestales restaurados de Ixtacamaxtitlán, Puebla, México	58
7.8.	Estimación de reservas de carbono en suelo mediante información radar de Sentinel en Huatusco, Veracruz	59
7.9.	Efecto del fuego sobre las propiedades de los suelos agrícolas y los stocks de carbono en el sur de Quintana Roo	60
7.10.	Efecto de las quemas prescritas en los flujos de carbono del suelo, en los Llanos de Ojuelos Jalisco, Jalisco	61
7.11.	Línea base del carbono orgánico del suelo en los bosques del estado de Durango	62
7.12.	Servicios ecosistémicos aportados de los recursos forestales en ejido Ojo de Agua de los Montes, Tepezalá, Aguascalientes	63

7.13.	Almacén de carbono del bosque tropical seco en respuesta a gradientes de temperatura y precipitación	64
7.14.	Modelación del carbono orgánico en suelos del Parque Nacional Malinche	65
7.15.	¿El cambio de pastizal a matorral aumenta el secuestro de carbono en los desiertos mexicanos?	66
7.16.	Controles de la respiración del suelo en un ecosistema de matorral xerófilo y parcelas agrícolas	67
7.17.	Efecto del crecimiento urbano sobre los reservorios de carbono orgánico en bosques periurbanos	68
7.18.	Evaluación del daño en especies arbustivas por quemas prescritas, en los Llanos de Ojuelos, Jalisco	69
7.19.	Carbono atmosférico fijado en el suelo en los sistemas morfogénéticos de la Sierra Chichinautzin, Centro de México	70
7.20.	Carbono en Suelo, en Dos Sitios de Sucesión Ecológica del Bosque Tropical Seco de Álamos, Sonora	71
7.21.	Dinámica de la producción de hojarasca en dos sitios de bosque tropical seco con diferente estado de sucesión ecológica en el noroeste de México	72
7.22.	Capacidad de los suelos para absorción de carbono orgánico: marco teórico general	73
7.23.	Capacidad de los suelos para absorción de carbono orgánico: saturación potencial	74
7.24.	Patrones de las relaciones C-N-P-S del fraccionamiento físico de los suelos	75
7.25.	Modelo general de la distribución de carbono orgánico en las unidades estructurales de los suelos	76
7.26.	Modelo para estimar la distribución de carbono asociado a la masa de los agregados de los suelos	77
7.27.	Modelo de la descomposición del carbono orgánico en los suelos	78
7.28.	Equivalencia entre modelos de descomposición del carbono orgánico de los suelos: tasas de cambio dependientes del tiempo	79
7.29.	Equivalencia entre modelos de descomposición del carbono orgánico de los suelos: teoría del continuo reactivo	80

7.30.	Equivalencia entre modelos de descomposición del carbono orgánico de los suelos: teoría- <i>q</i> de la calidad	81
7.31.	Teoría general de la descomposición del carbono orgánico de los suelos y mantillo	82
7.32.	Modelación global de procesos de descomposición y absorción del carbono orgánico de los suelos	83

## Sección 8

# SISTEMAS AGROPECUARIOS 85

8.1.	Biocarbón como estrategia para incrementar el rendimiento de trigo y la recarbonización del suelo en Michoacán México	86
8.2.	Evaluación del aceite de semilla de calabaza ( <i>Curcubita moschata</i> ) en la producción ruminal de metano	87
8.3.	Emisión de CO <sub>2</sub> en suelos de pastizales y bosque	88
8.4.	Balance hídrico del cultivo de trigo bajo diversos esquemas agrícolas en Coahuila de Zaragoza	89
8.5.	Talleres participativos: una estrategia para la producción de cafés especiales Chiapas, México	90
8.6.	Estimación de concentraciones de carbono negro en la región noreste de México	91
8.7.	Regresión por aprendizaje automatizado para estimar la biomasa de la pradera ofrecida para el pastoreo	92
8.8.	Fenotipado de alto rendimiento en atributos fisiológicos relacionados a fotosíntesis para incrementar rendimiento de trigo	93
8.9.	Almacenamiento y tasa de acumulación de carbono en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México	94
8.10.	Emisión de N <sub>2</sub> O debido al parche de orina de bovinos en un Sistema Silvopastoril con <i>Leucaena leucocephala</i> en la época de estiaje	95
8.11.	Una reflexión sobre los inventarios oficiales de emisiones de metano por fermentación entérica de bovinos en México	96
8.12.	Efecto de la calidad de la dieta sobre la producción de metano entérico y la eficiencia en el uso de la energía en bovinos de carne	97

8.13.	Cuantificación del almacén de biomasa y carbono aéreo en un cafetal bajo sombra diversificada	98
8.14.	Almacenamiento de carbono orgánico del suelo en cafetales orgánicos del centro de Veracruz, México	99
8.15.	Almacén de carbono en la biomasa aérea de <i>Hevea brasiliensis</i> en cuatro densidades de plantación	100
8.16.	Efecto de diferentes variedades de grano de sorgo con alto contenido de taninos sobre la fermentación ruminal y la producción de metano <i>in vitro</i>	101
8.17.	Efecto de la adición de aceite de canola en la emisión de metano en bovinos pastoreando praderas tropicales	102
8.18.	Flujos de carbono en huerta adulta de nogal pecanero ( <i>Carya illinoensis</i> ) en Costa de Hermosillo, México	103
8.19.	Mapa nacional de potencial de captura de carbono en suelos agrícolas	104
8.20.	Uso de Imágenes digitales para el monitoreo funcional de la productividad y fenología de trigo	105
8.21.	Resiliencia y estabilidad socioecológica de la cafecultura mexicana bajo sombra: hacia nuevos paradigmas	106
8.22.	Almacén de carbono orgánico en andosoles bajo diferentes sistemas de cultivo de maíz	107



Sección 1  
**ATMÓSFERA**

## 1.1. Evaluación de Carbono Negro en la ciudad de San Luis Potosí durante el periodo de 2018 al 2020

Barrera-López V. A.<sup>1</sup>; Galindo-Mendoza M. G.<sup>1</sup> y Contreras-Servín C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Coordinación para la Innovación y aplicación de la ciencia y tecnología CIACyT, UASLP. Av. Sierra Leona 550, Lomas de San Luis, San Luis Potosí, S. L. P.  
Autor para correspondencia: valter.barrera@uaslp.mx

### Resumen

El carbono negro es un contaminante y forzador climático de vida corta (*SLCP*, por sus siglas en inglés), que contribuye significativamente en el cambio climático principalmente absorbiendo la radiación solar que causa un efecto negativo en la fuerza radiativa terrestre (UNEP, 2012). Este *SLCP* se ha convertido en uno de los principales objetivos para estrategias de mitigación y en la generación de políticas de control de emisiones en todo el mundo. México es el país número 13 en la lista de países con mayor emisión de CO<sub>2</sub> para el año 2013 (1.37%). Adicionalmente, se calcularon las emisiones de BC anuales en un valor cercano a 125 millones de toneladas, de las cuales las actividades con mayor emisión representan al sector transporte y al industrial con un valor de 38%. Por lo anterior, el gobierno de México ha propuesto reducciones de emisiones de BC. El objetivo incondicional es reducir el 51% del volumen de emisiones para 2030. En el año 2015, diversas instituciones académicas y gubernamentales desarrollaron por primera vez en México una red de carbono negro (Peralta et al., 2019), que se ha encargado de reunir y analizar los diversos muestreos de BC en los últimos años y con ello realizar una base de datos de las concentraciones emitidas de este contaminante. San Luis Potosí es una de las 12 ciudades más habitadas de México y seguirá creciendo en los próximos años. Este trabajo presenta un monitoreo de BC y de otros de sus contaminantes asociados durante 2 años, en sus dos zonas más importantes de la ciudad de San Luis Potosí; en la zona norte durante diciembre del año 2018 a noviembre del 2019 y en la zona sur desde diciembre del 2019 a octubre del 2020, para obtener sus concentraciones temporales de carbono negro equivalente (eBC) mediante el equipo *Aethalometer AE-33* en la ciudad, y evaluando además los efectos asociados de concentraciones durante de la pandemia SARX-COV2.

**Palabras clave:** *carbono negro; partículas atmosféricas; Ciudad de San Luis Potosí.*

## 1.2. Distribución espacial de CO<sub>2</sub> en la Zona Metropolitana del Valle de México obtenida de mediciones satelitales

Campos-Pineda Mixtli<sup>1</sup>; Taquet Noémie<sup>1</sup>; Stremme Wolfgang<sup>1</sup>; Bezanilla Alejandro<sup>1</sup>; Lauvaux Thomas<sup>2</sup>; Ramonet Michel<sup>2</sup> y Grutter Michel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

<sup>2</sup>Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/Institut Pierre Simon Laplace (LSCE/IPSL), Gif-sur-Yvettes, France.

### Resumen

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es el centro urbano más grande en América del Norte, por lo que existe un interés especial en obtener una mejor caracterización de sus emisiones de carbono a la atmósfera. La tercera iteración del sensor satelital *Orbiting Carbon Observatory* (OCO) de la NASA, fue instalado en la Estación Espacial Internacional en el 2019 e incluye un arreglo de espejos (Pointing Mirror Assembly, PMA) que permite la toma de mediciones de un área de ~80 x 80 km en aproximadamente 2 minutos. De esta manera es posible tomar mediciones en forma de mapas, llamados *Snapshot Area Maps* (SAMs), sobre áreas de interés (e.g. volcanes o áreas urbanas). El instrumento OCO-3 ha registrado un número importante de SAMs sobre el área metropolitana y del volcán Popocatepetl durante el 2020. Utilizando data pública del producto OCO-3 Nivel 2 (L2) "Lite EarlyR", disponible en el Goddard Earth Science Data and Information Services Center (GES DISC), hemos construido mapas de la distribución espacial de xCO<sub>2</sub> para esta zona de estudio en el centro de México. La data ha sido filtrada de acuerdo a la recomendación del producto, comparada con columnas de xCO<sub>2</sub> medidas desde la superficie con espectrómetros FTIR en esta región, y promediada utilizando un método de sobremuestreo. La presión superficial es usada en conjunto con el promedio de xCO<sub>2</sub> para calcular las concentraciones dentro de la capa de mezcla (xCO<sub>2</sub><sup>ML</sup>) con el fin de compensar los efectos del terreno complejo. Este trabajo muestra la utilidad de los SAMs, en cooperación con mediciones tomadas desde superficie, para producir descripciones detalladas de la distribución espacial de CO<sub>2</sub> para un amplio rango de aplicaciones, así como la importancia de sondeos frecuentes sobre fuentes de emisión importantes.

**Palabras clave:** *dióxido de carbón; capa de mezcla; distribución espacial; productos de datos satelitales; OCO-3.*

### 1.3. Flujos de dióxido de carbono en Ciudad Juárez, Chihuahua

**Pérez-Ruiz Elí Rafael<sup>1,\*</sup>**; Vázquez-Gálvez Felipe Adrián<sup>1</sup>; Hernández-García<sup>1</sup>; Yazmín Guadalupe<sup>1</sup>; Flores-Tavizón Edith<sup>1</sup> y Ortínez-Álvarez Abraham<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. del Charro no. 450 Nte. Col. Partido Romero CP 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Blvd. Adolfo Ruíz Cortines 4209, Jardines en la Montaña, 14210, Coyoacan, Ciudad de México.

\*Autor para correspondencia: eli.perez@uacj.mx

#### Resumen

La urbanización es el signo más evidente de cambios antropogénicos en la superficie terrestre. La modificación de las características de la superficie puede alterar considerablemente las interacciones superficie-atmósfera, por lo que es necesario entender la dinámica de los flujos de materia y energía en ecosistemas urbanos, particularmente los flujos de dióxido de carbono (FC). En el presente estudio, se analizan resultados preliminares de FC en un campus universitario en Ciudad Juárez, Chihuahua. Los FC fueron medidos mediante la técnica de covarianza de vórtices, durante el año 2020. Se obtuvieron valores diarios de FC, así como ciclos diurnos para la totalidad del periodo de estudio y las distintas estaciones del año. Durante las estaciones frías (invierno y otoño), valores elevados dominan el comportamiento de FC, coincidiendo con el periodo de alto consumo de gas natural por uso de calefacción, quema de biomasa y una vegetación dormante. Por el contrario, durante las estaciones cálidas (primavera y verano), FC diario disminuye a valores cercanos a la neutralidad, e inclusive existiendo días con captura neta de CO<sub>2</sub>. Días laborales mostraron valores elevados de FC coincidentes con periodos de alta actividad antropogénica, mientras una disminución en FC es clara durante los fines de semana, independientemente de la temporada. Los datos del presente estudio muestran tendencias claras en la dinámica de FC, sin embargo, un procesamiento y análisis más profundos son aún necesarios para elucidar de manera más clara y precisa el comportamiento de FC en el sitio de estudio.

**Palabras clave:** *flujos de carbono; zonas áridas; covarianza de vórtices.*

## 1.4. Modelación de turbulencia en la capa límite planetaria empleando CLASS en Valle del Yaqui, México

Sotelo-Amavizca Karen<sup>1</sup>; Gaxiola-Ortiz Francisco; Benítez-Valenzuela Lidia I.; Rojas-Robles N. E.; Yepez E. A. y Sánchez-Mejía Zulia M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de Agua y medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México.  
Autor para correspondencia: zulia.sanchez@itson.edu.mx

### Resumen

Los modelos atmosféricos son una herramienta muy útil para describir los flujos e interacción de la atmósfera y el suelo a través de diversos parámetros, especialmente cuando no hay observaciones disponibles. La estabilidad atmosférica y por ende la turbulencia es uno de los parámetros que influye en procesos de dispersión de partículas, corrientes ascendentes, el nivel donde se condensan las nubes (LCL) y el desarrollo de la capa límite planetaria (PBL), cuyo análisis permite conocer el transporte de partículas y los fenómenos meteorológicos de una región. Por otro lado, en uno de los centros agrícolas más importantes del país el Valle del Yaqui, no se cuenta con información sobre procesos atmosféricos o la calidad de aire. En este trabajo se presenta un primer ejercicio aplicando el modelo matemático CLASS (Chemistry Land-surface Atmosphere Soil Slab model) para el estudio de la estabilidad atmosférica y las variables relacionadas con turbulencia. Se simularon en el software CLASS un total de 6 casos de estabilidad empleando la clasificación de Pasquill-Gifford para seleccionar las variables de entrada, y se compararon los datos de la LCL contra los observados por la estación micrometeorología en el Valle del Yaqui. Se observaron diferencias en el desarrollo de la LCL entre casos, sin embargo, no en el desarrollo de la PBL. El calor latente dominó los flujos turbulentos durante el periodo de estudio invierno-primavera.

**Palabras clave:** CLASS; altura de condensación; capa límite planetaria.

## 1.5. Variabilidad temporal del intercambio de CO<sub>2</sub> aire-agua en una laguna costera subtropical semiárida

Ocegueda-Pintado Guillermo A.<sup>1</sup>; Barreras-Apodaca Aylin C.; Benítez-Valenzuela Lidia I.<sup>1</sup>; Herrera-Silveira J. A.<sup>2,3</sup>; Figueroa-Espinoza Bernardo<sup>4,3</sup>; Uuh-Sonda Jorge M.<sup>4,3</sup>; Silva-Ontiveros Christian A.<sup>5</sup>; Yepez Enrico A.<sup>1</sup> y Sánchez-Mejía Zulia M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México.

<sup>2</sup>Departamento de Recursos del Mar, CINVESTAV, Unidad Mérida, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera.

<sup>4</sup>Instituto de Ingeniería, Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Universidad Nacional Autónoma de México, Yucatán, México.

<sup>5</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., Unidad Guaymas, Sonora, México.

Autor para correspondencia: zulia.sanchez@itson.edu.mx

### Resumen

La capacidad de los océanos y zonas costeras de almacenar carbono en ecosistemas como manglares, marismas y pastos marinos se ha denominado como Carbono Azul. Por ello, resulta indispensable estudiar y contar con mediciones continuas de los flujos verticales de CO<sub>2</sub> entre los cuerpos de agua y la atmósfera, así como entender los controladores ambientales que regulan dicho proceso ecosistémico. Con la técnica Covarianza de Vórtices (EC, del inglés Eddy Covariance) se obtuvieron datos de la laguna costera subtropical semiárida del Estero El Soldado (ESS) durante el 2019 y 2020; en la época de desarrollo de *Zostera marina*. La diferencia entre ambos periodos, fue que este macrófito sumergido estuvo ausente en el 2020. Concluimos que el EES funciona como un sumidero de carbono y dicha cualidad no depende de la presencia de *Z. marina*; además, el intercambio de CO<sub>2</sub> aire-agua está principalmente asociado a factores físicos como la altura de la columna de agua ( $r_2$  0.96), sin embargo, esto puede cambiar año con año.

**Palabras clave:** *carbono azul; pasto marino; eddy covariance.*

## 1.6. Respiración del suelo como indicador del avance de la restauración de bosque en un valle aluvial de montaña tropical

Alvarado-Barrientos M. Susana<sup>1</sup>; Briones-Sánchez Luis<sup>2</sup>; Víctor Vásquez Reyes<sup>1</sup> y Fabiola López-Barrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología A.C., Carretera antigua a Coatepec #351, Col. El Haya, CP 91073, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio, Col. Jardines de San Manuel, CP 72570, Puebla, Puebla, México.

Autor para correspondencia: susana.alvarado@inecol.mx

### Resumen

La respiración del suelo (Rs) es uno de los mayores flujos de carbono superficie-atmósfera e indicador de calidad y salud del suelo. Ante la extensiva degradación del suelo y el impulso actual por la restauración ecológica, la Rs puede ser utilizada como indicador del avance y éxito de estas intervenciones. Se presentan los resultados de las primeras mediciones de la Rs en el contexto de un reciente proyecto de restauración (2 años) del bosque mesófilo de montaña en potreros, en un valle aluvial del centro de Veracruz. Se examinó si la Rs es distinta en el sitio de restauración comparada con dos sistemas de referencia (potrero y bosque), y la respuesta de Rs a sus controles biofísicos. Para esto se usó un analizador de gases traza portátil y una cámara opaca cerrada-dinámica durante dos períodos de la temporada seca (dic-feb y abril-mayo de 2021). Se encontró que la Rs del medio día fue mayor y más variable en el potrero ( $7.48 \pm 3.83 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) comparado con el sitio bajo restauración ( $4.75 \pm 1.97 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) y el bosque ( $3.89 \pm 0.77 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Además, se encontró que la respuesta de Rs a controles biofísicos examinados (variables ambientales y propiedades fisicoquímicas del suelo) también fue distinta entre los sitios. Estas mediciones de Rs (y futura modelación de sus controles biofísicos) servirán como línea base para el monitoreo de la dinámica de recuperación del ecosistema, siendo una metodología con potencial de aplicarse en otros proyectos.

**Palabras clave:** *emisión de CO<sub>2</sub>; potrero; bosque mesófilo de montaña; Veracruz.*

## 1.7. Escenarios de mitigación de GEI provenientes del autotransporte a gasolina en México

Juárez-Plata Allin Y.<sup>1</sup>; Otazo-Sánchez Elena M.<sup>1</sup>; González-Ramírez César A.<sup>1</sup>; Villagómez-Ibarra José R.<sup>1</sup> y Hernández-Juárez Martín<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Área Académica de Química, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo, km. 4.5, Col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hgo., C.P. 42184, México.  
Autor para correspondencia: [allinjuarezplata@gmail.com](mailto:allinjuarezplata@gmail.com)

### Resumen

En México, el sector transporte es responsable del 24.5% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) relacionadas con la producción y el uso de la energía, de las cuales, cerca del 93% se atribuyen al subsector autotransporte. La tendencia del uso de combustibles fósiles para vehículos terrestres indica un incremento al menos durante las próximas tres décadas, por lo que se espera mayor generación de gases de efecto invernadero (GEI). En este estudio, se presenta una proyección de la demanda de combustible de vehículos a gasolina hacia el año 2050, y se proponen escenarios de mitigación basados en la mejora de la eficiencia energética al aumentar el número de octano de la gasolina. Los resultados muestran que, por cada octano incrementado en la gasolina, es posible reducir anualmente más del 1.4% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> asociadas al sector energético.

**Palabras clave:** *demanda de combustible; eficiencia energética; octanaje.*

## 1.8. Propuesta de un sistema portátil de medición de pCO<sub>2</sub> de costo asequible

Uribe-López Alicia G.<sup>1b</sup>; Norzagaray-López C. Orión<sup>1a</sup>; Hernández-Ayón J. Martín<sup>1a</sup>; Estudillo-Zamora Eliseo<sup>1a</sup> y Santander-Cruz Jonatan<sup>1a</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas<sup>a</sup> y Facultad de Ciencias Marinas<sup>b</sup>, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Transpeninsular Ensenada - Tijuana No. 3917, CP 22860, Ensenada, Baja California.  
Autor para correspondencia: alicia.uribe@uabc.edu.mx

### Resumen

A pesar de que existen diferentes técnicas para medir la pCO<sub>2</sub> marina en los últimos años ha sido resaltada la eficiencia de los sensores de infrarrojo no dispersivos (NDIR, por sus siglas en inglés). Los sistemas NDIR pueden ser construidos usando componentes simples y de costo moderado, lo que ha promovido un creciente número de sistemas comerciales para realizar muestreos *in situ*. En este trabajo se describen los resultados de un sistema de medición de pCO<sub>2</sub> con un sensor NDIR de bajo costo (~100 dólares) y un microcontrolador Arduino, y la evaluación de su capacidad de medir con una estabilidad suficiente para ser aceptada por la comunidad científica. El desempeño del sensor se considera bueno, debido a su alta repetibilidad en la medición de gases de referencia y precisión adecuada para aplicaciones educativas o acuícolas. El porcentaje de error obtenido fue de  $\pm 20.9$  ppm ( $\pm 8.1\%$ ).

**Palabras clave:** *sistema del CO<sub>2</sub>; pCO<sub>2</sub>; sensores NDIR; Arduino.*





Sección 2

# BIOENERGÍA

## 2.1. Cinética de degradación térmica de residuos forestales de *Pinus montezumae* mediante estudio termogravimétrico

Alvarado-Flores José J.<sup>1</sup>; Ávalos-Rodríguez María L.<sup>2</sup>; Rutiaga-Quiñones José G.<sup>1</sup> y Alcaraz-Vera Jorge V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Santiago Tapia 403, CP 58030, Morelia, Michoacán, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México.

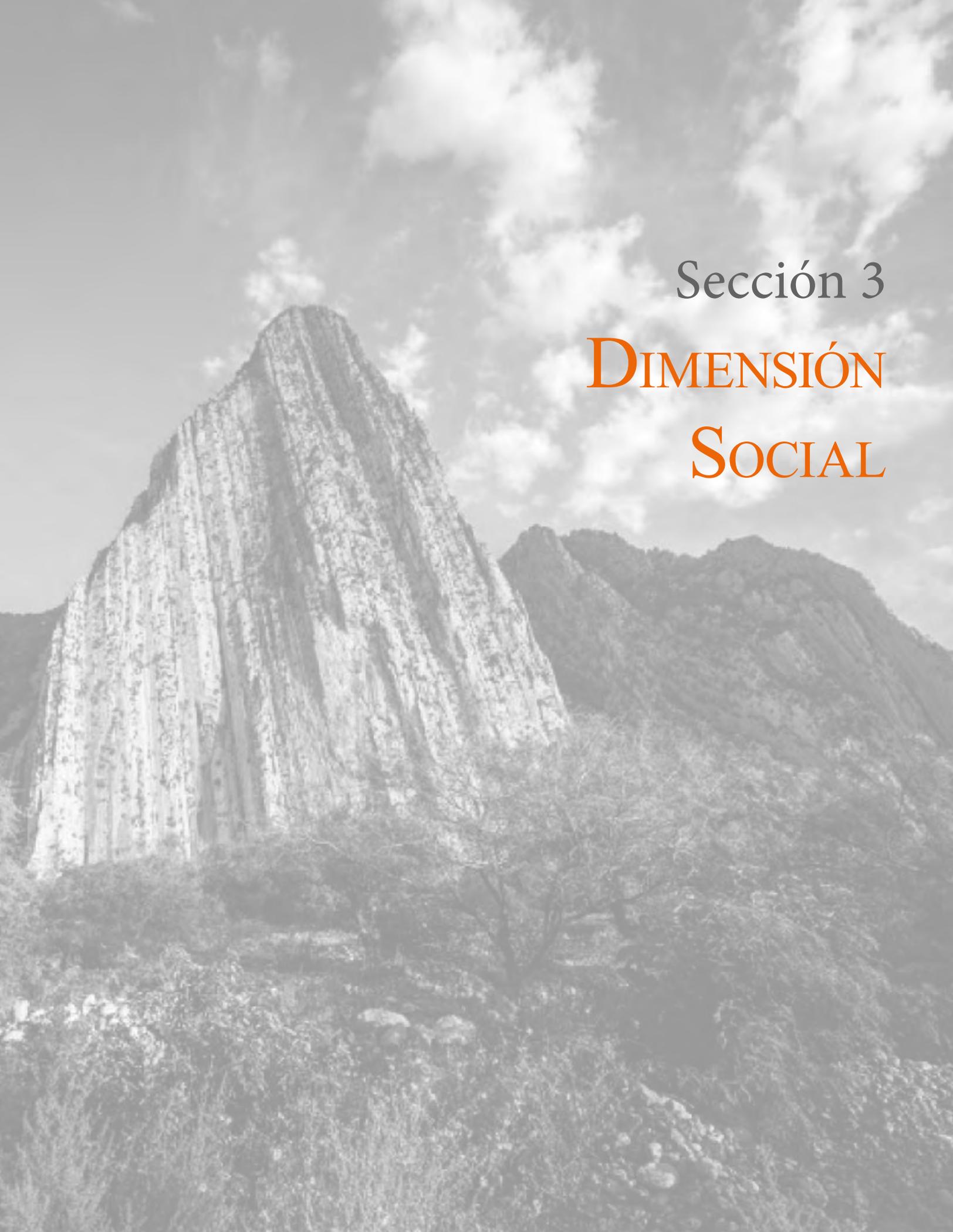
<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Santiago Tapia 403, CP 58030, Morelia, Michoacán, México.

Autor para correspondencia: doctor.ambientalista@gmail.com

### Resumen

Se ha realizado un estudio sobre la pirólisis de residuos de madera de *Pinus montezumae*, procedente de una zona del occidente de México, utilizando el análisis TGA para determinar los parámetros cinéticos como la energía de activación ( $E_a$ ) y el factor de frecuencia ( $Z$ ) a diferentes velocidades de calentamiento en atmósfera de  $N_2$ . Las muestras fueron calentadas desde 25 °C hasta 800 °C a diferentes velocidades de calentamiento (5 – 30 °C  $min^{-1}$ ). La  $E_a$  se calculó utilizando el modelo matemático de Flynn-Wall-Ozawa. El valor de la  $E_a$  con respecto a la conversión revela que la pirólisis del pino se transforma a través de una cinética más compleja y de múltiples etapas. Esta investigación permitirá tomar decisiones en el futuro y, posiblemente, llevar a cabo este proceso en un reactor de biomasa y, por tanto, la producción de  $H_2$  para la generación de energía a través de una celda de combustible.

**Palabras clave:** análisis TGA; residuos forestales; modelo libre iso-conversional; pirólisis.



Sección 3

**DIMENSIÓN**  
**SOCIAL**

### 3.1. Instrumentos de política ambiental y su vinculación a redes comunitarias a partir de la innovación sistémica en el manejo forestal

Ávalos-Rodríguez M. Liliana<sup>1</sup>; Alvarado-Flores José Juan<sup>2</sup> y Díaz Abrego Margarita<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, C.P. 58190 Morelia, Michoacán, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Santiago Tapia No. 403, colonia Centro, C.P. 58000 Morelia, Michoacán, México.

<sup>3</sup>Doctorado en Ciencias. Universidad Virtual del Estado de Guanajuato.

Autor para correspondencia: lic.ambientalista@gmail.com

#### Resumen

Son pocos los estudios que analizan la innovación sistémica asociada a cuestiones ambientales y territoriales a partir de la organización forestal comunitaria en el manejo de los bosques. La literatura sugiere que es posible atender áreas de oportunidad en el manejo forestal mediante instrumentos específicos, como los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) en consideración a los procesos de emprendimiento, innovación e internacionalización y a los factores institucionales, de conocimiento; de creatividad y de infraestructura que puedan promover la organización forestal comunitaria en el aprovechamiento forestal, la utilización y uso energético de residuos forestales y actividades de forestación. El objetivo del estudio, es analizar los alcances de la innovación sistémica en el manejo forestal a partir de los MDL considerados, mediante la cooperación y la dinámica inter-territorial en el oriente de Michoacán. Los principales hallazgos sugieren que existe la posibilidad de fomentar los MDL a partir de la organización comunitaria, mediante redes para lograr acciones comerciales, de cooperación, de cabildeo, de organización, entre otras que permiten un intercambio de conocimiento y de recursos en un espacio determinado, lo que puede incidir en el desarrollo regional.

**Palabras clave:** *recursos forestales; innovación territorial; cambio climático.*

### 3.2. De la gobernanza forestal global a la legitimidad de la Estrategia REDD+ en México: Una visión desde los retos jurídicos

Ávalos-Rodríguez M. Liliana<sup>1</sup>; Keith Michael McCall<sup>1</sup>; Alvarado-Flores José Juan<sup>2</sup> y Alcaraz-Vera Jorge Víctor<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, C.P. 58190 Morelia, Michoacán, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Santiago Tapia No. 403, colonia Centro, C.P. 58000 Morelia, Michoacán, México.

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Santiago Tapia No. 403, colonia Centro, C.P. 58000 Morelia, Michoacán, México.

Autor para correspondencia: lic.ambientalista@gmail.com

#### Resumen

La pérdida de bosque ha motivado a impulsar estrategias que desaceleren las tasas de deforestación y degradación forestal, muchos países han adoptado en sus legislaciones locales estas estrategias y esto ha motivado a superar el punto de inflexión para recuperar sus bosques. La deforestación y degradación forestal no son problemas nuevos, estos han estado presentes en la sociedad desde las actividades productivas de esta, se ha agudizado debido a la cantidad de espacio utilizado para acelera procesos productivos y de consumo. Al 2020 se estima que México posee entre el 30 y el 40% de terreno cubierto por bosque, es decir, de superficie forestal que es la tierra con rodales naturales o árboles plantados de al menos 5 m *in situ*, sean productivos o no y se excluye a las masas arbóreas en sistemas productivos agrícolas. Estas tendencias han sido motivadas por mecanismos internacionales que promueven el mejoramiento del bosque a través de la reducción de las emisiones por degradación y deforestación forestal, conservación y gestión sostenible del bosque y aumento de las reservas forestales de carbono. Este estudio tiene como objetivo analizar los esquemas de gobernanza forestal global que reflejan los acuerdos y compromisos internacionales como REDD+ y que han sido incorporados en las políticas locales a través del marco jurídico que le otorga legitimidad local. Los principales hallazgos sugieren que la Estrategia Nacional de REDD+ presenta retos jurídicos que pueden limitar su eficacia porque cuestionan la legitimidad de su alcance. Se ha concluido que, existen retos jurídicos que pueden atenderse para alcanzar la optimización de la Estrategia REDD+ en México.

**Palabras clave:** *legitimidad; gobernanza forestal; REDD+; ENAREDD+.*

### 3.3. Proyecto de Conservación Voluntaria y Mitigación Natural del Cambio Climático en el Ejido Sisal, Yucatán

Caamal-Sosa Juan Pablo<sup>1</sup>; Almonacid-Toledo Américo<sup>2</sup>; Esquivel-Campos Rubén<sup>2</sup>; Sánchez-Mejía Zulia<sup>3</sup>; Uuh-Sonda Jorge M.<sup>4</sup>; Herrera-Silveira Jorge<sup>5</sup>; Ramírez-Ramírez Gustavo<sup>1</sup>; Valles-Molina Nubia Carol<sup>1</sup> y **Figueroa-Espinoza Bernardo**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>The Earth Lab, Av. Maquiladoras, Industrias No Contaminantes 501, 97300 Mérida, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Ejido Sisal, Yucatán, México.

<sup>3</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.

<sup>4</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>5</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV) Unidad Mérida, Km. 6 Antigua carretera a Progreso Apartado Postal 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: BFiguroaE@iingen.unam.mx

#### Resumen

La Península de Yucatán posee grandes extensiones de selvas tropicales y manglares, muchas de las cuales se encuentran en tierras comunales conocidas como Ejidos. Las precarias condiciones económicas del campo hacen que dichas tierras sean vulnerables a abandono, despojo, venta y en consecuencia a cambios en el uso del suelo. Afortunadamente, cada vez es más frecuente el compromiso ambiental por parte de los actores sociales. Un ejemplo es el Proyecto de Carbono “Bonos del Jaguar Azul” que han emprendido los Ejidatarios de Sisal, Yucatán, con plena autonomía, apoyándose de instituciones públicas (academia) y privadas. La comunidad ha destinado una parte importante de sus tierras (2770 ha) a conservación voluntaria, y lleva a cabo un abanico de actividades de bajo impacto para garantizar la sustentabilidad del proyecto. El objetivo de esta colaboración es contribuir con herramientas técnico-científicas para establecer una línea base de almacenes de carbono, así como la instalación de un sitio de monitoreo ecohidrológico para la medición de los intercambios verticales de los flujos de agua, CO<sub>2</sub> y variables ambientales que influyen en dichos intercambios (Eddy Covariance), lo cual permitirá la estimación del metabolismo neto del ecosistema. Dicho proyecto, además de contribuir a una autogestión económicamente viable y sustentable, pretende fortalecer las decisiones de la comunidad, ante autoridades gubernamentales que permitan la injerencia del Ejido en políticas públicas que beneficien y protejan su comunidad y patrimonio.

**Palabras clave:** *almacenes de carbono; flujos de carbono; proyecto de carbono; monitoreo ecohidrológico.*

### 3.4. Estrategia para el análisis objetivo de la generación de mapas del carbono orgánico de los suelos en México: técnicas geoestadísticas e integración de información

**Paz Fernando**<sup>1</sup>; Salas Víctor<sup>2</sup>; Guevara Mario<sup>3</sup>; Vargas Rodrigo<sup>4</sup>; Etchevers Jorge<sup>5</sup> y de Jong Ben<sup>6</sup>

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

<sup>2</sup>Geoinformática, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua.

<sup>3</sup>Centro de Geociencias - Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Querétaro.

<sup>4</sup>Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware. Newark, Delaware, USA.

<sup>5</sup>Laboratorio de Fertilidad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México.

<sup>6</sup>El Colegio de la Frontera Sur (retirado), Campeche, Campeche.

Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

#### Resumen

La estrategia para el análisis objetivo de la estimación del carbono orgánico de los suelos (COS) plantea retos importantes, particularmente la consideración de la escala local y la integración de información multi-fuente para definir restricciones y condicionamientos en las estimaciones. El uso del Kriging, indicador Bayesiano y simulaciones estocásticas, indicadores condicionados, definen un marco teórico conceptual para lograr los objetivos planteados, el cual puede ser expandido para considerar estimaciones espacio-tiempo o el uso de estadísticas multi-punto. Se discuten las fuentes de información del COS, así como sus limitaciones.

**Palabras clave:** *covariogramas y variogramas; teorema de Bayes; Kriging indicador Bayesiano; espacio tiempo; conocimiento y restricciones de información.*

### 3.5. Estrategia para el análisis objetivo de la generación de mapas del carbono orgánico de los suelos en México: técnicas multifractales

Paz Fernando<sup>1</sup>; Salas Víctor<sup>2</sup>; Guevara Mario<sup>3</sup>; Vargas Rodrigo<sup>4</sup>; Etchevers Jorge<sup>5</sup> y de Jong Ben<sup>6</sup>

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

<sup>2</sup>Geoinformática, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua.

<sup>3</sup>Centro de Geociencias - Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Querétaro.

<sup>4</sup>Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware. Newark, Delaware, USA.

<sup>5</sup>Laboratorio de Fertilidad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México.

<sup>6</sup>El Colegio de la Frontera Sur (retirado). Campeche, Campeche.

Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

#### Resumen

El problema de escala de los muestreos y estimaciones del carbono orgánico de los suelos (COS), requiere incorporarse en forma explícita en los procesos asociados, lo cual es una limitación de la teoría de la geoestadística. Con el uso de procesos multifractales, multi escala, se presenta un marco teórico unificado que permite caracterizar las distribuciones de probabilidad y momentos estadísticos de los procesos, con leyes universales que solo tienen dos parámetros para su definición completa. El uso de funciones de estructura generalizadas para momentos de orden  $q$ , permite plantear esquemas de estimación y simulaciones estocásticas relativamente similares al caso de la teoría geoestadística.

**Palabras clave:** *leyes universales; procesos conservativos y no conservativos; funciones de estructura generalizadas; estimaciones y simulaciones estocásticas.*

### 3.6. Iniciativa “Biogeoquímica de los Suelos Mexicanos: Información y Conocimiento”

**Paz Fernando**<sup>1</sup>; Velázquez Alma<sup>2</sup>; Ayala Fernando<sup>4</sup>; Báez Aurelio<sup>3</sup>; Chávez Bruno<sup>4</sup>; Correa Gilberto<sup>5</sup>; Cottler Helena<sup>6</sup>; Cueto José<sup>3</sup>; de Jong Ben<sup>7</sup>; de León Fernando<sup>5</sup>; Etchevers Jorge<sup>8</sup>; Fuentes Mariela<sup>5</sup>; García Oliva Felipe<sup>4</sup>; González Lucila<sup>3</sup>; Guerrero Armando<sup>8</sup>; Guevara Mario<sup>4</sup>; Herrera Jorge<sup>9</sup>; Hidalgo Claudia<sup>8</sup>; Libert Antoine<sup>10</sup>; Padilla Juliana<sup>8</sup>; Prado Blanca<sup>4</sup>; Rodríguez Julio Cesar<sup>11</sup>; Salas Víctor<sup>12</sup>; Sánchez Zulia<sup>13</sup>; Saynes Vinisa<sup>8</sup>; Teutli Claudia<sup>4</sup>; Vargas Rodrigo<sup>14</sup> y Yépez Enrico<sup>13</sup>

<sup>1</sup>Programa Mexicano del Carbono y Colegio de Postgraduados, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México.

<sup>4</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, México.

<sup>5</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, Ciudad de México.

<sup>6</sup>CentroGEO, Ciudad de México.

<sup>7</sup>El Colegio de la Frontera Sur (retirado). Campeche, Campeche.

<sup>8</sup>Colegio de Postgraduados, México.

<sup>9</sup>CINVESTAV-IPN, Mérida, Yucatán.

<sup>10</sup>Programa Mexicano del Carbono, Texcoco, Estado de México.

<sup>11</sup>Universidad Autónoma de Sonora, Hermosillo, Sonora.

<sup>12</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua.

<sup>13</sup>Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora.

<sup>14</sup>University of Delaware. Newark, Delaware, USA.

Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

#### Resumen

La Iniciativa “Biogeoquímica de los Suelos Mexicanos: Información y Conocimiento” se presenta en función del contexto y antecedentes de los esfuerzos de mediciones de variables biogeoquímicas y los problemas asociados. Se presentan las estrategias y los elementos constitutivos de la iniciativa, así como algunas acciones concretas orientadas a alcanzar sus objetivos.

**Palabras clave:** *inventarios de emisiones GEI; bases de datos; fusión información-conocimiento; integración datos multi-fuente; generación de capacidades; asistencia técnica.*

### 3.7. Hacia un esquema de asistencia técnica y compensación financiera confiable de reducción de emisiones en el manejo ganadero del país

**Paz Fernando**<sup>1</sup> y Castelán Octavio A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

<sup>2</sup>Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México.  
Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

#### **Resumen**

La ganadería es una de las fuentes más importantes de emisiones de metano tanto en Latinoamérica y México, como en el mundo, particularmente debido a la baja productividad y falta de asistencia técnica que reciben los ganaderos. Desde esta perspectiva, con la finalidad de integrar la reducción de emisiones, el incremento de la productividad y la gestión de riesgos climáticos, se presenta el diseño e implementación de un sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) para la certificación de estrategias ganaderas multipropósito, que permitan la posibilidad de implementar incentivos financieros por buen manejo ganadero en el país.

**Palabras clave:** *metano; incentivos financieros; baja productividad; MRV ganadero; esquema de ganar-ganar.*



Sección 4  
ECOSISTEMAS  
ACUÁTICOS

## 4.1. Concentración y evasión de CO<sub>2</sub> en el Río Usumacinta, México

Soria-Reinoso Ismael<sup>1</sup>; Sánchez-Carrillo Salvador<sup>2</sup>; Alcocer Javier<sup>3</sup>; Vargas-Sánchez Mariana<sup>1</sup>; Cuevas-Lara Daniel<sup>1</sup> y Oseguera Luis A.<sup>3</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>Departamento de Biogeoquímica y Ecología Microbiana, Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC (MNCN-CSIC), Serrano 115 Bis, E-28006 Madrid, España.

<sup>3</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

Los sistemas fluviales son una fuente significativa de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera. Sin embargo, debido a la escasez de información, principalmente de la zona tropical, existe gran incertidumbre en las estimaciones de las emisiones a nivel regional y global. El Río Usumacinta es el principal sistema fluvial de México del que se asume debe tener un papel importante en la evasión de CO<sub>2</sub> debido a la litología kárstica y la presencia de extensos humedales en la cuenca baja. Sin embargo, no existe información previa que pruebe su papel como fuente de CO<sub>2</sub>. El objetivo de este estudio fue evaluar la concentración y los flujos difusivos de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera a lo largo de la porción mexicana (cuencas media y baja) del Río Usumacinta en dos épocas hidrológicas contrastantes del año 2019 (lluvias -TL- y secas -TS-). La concentración fluvial y las tasas de evasión de CO<sub>2</sub> para ambas temporadas variaron de 15.45 a 63.99 μM y de 2.78 a 18.17 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, respectivamente, con valores significativamente mayores durante la TL en comparación con la TS. Todas las estaciones a lo largo del Río Usumacinta presentaron condiciones de sobresaturación de CO<sub>2</sub> con respecto al equilibrio atmosférico, lo cual indica que el Río Usumacinta presenta un metabolismo heterotrófico y constituye un emisor neto de CO<sub>2</sub>. Durante el estiaje en la cuenca baja, se observó un efecto importante de disminución del flujo difusivo, posiblemente debido al incremento de productividad primaria en la zona de los Pantanos de Centla.

**Palabras clave:** *evasión de CO<sub>2</sub>; flujo difusivo; río kárstico; Chiapas; Tabasco; México.*

## 4.2. Emisiones de CO<sub>2</sub> en los lagos kársticos tropicales del Parque Nacional “Lagunas de Montebello”, Chiapas

Vargas-Sánchez, Mariana<sup>1</sup>; Sánchez-Carrillo Salvador<sup>2</sup>; Alcocer Javier<sup>3</sup>; Soria-Reinoso Ismael<sup>1</sup> y Oseguera Luis A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 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>Grupo de Investigación en Limnología Tropical, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, México.

### Resumen

El CO<sub>2</sub> emitido por los lagos se deriva principalmente de la respiración y de procesos de mineralización de la materia orgánica; sin embargo el aporte de carbono inorgánico disuelto a través del agua subterránea y/o superficial también contribuye significativamente a las emisiones. Hoy en día existe un gran desconocimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> de cuerpos acuáticos epicontinentales tropicales, particularmente en México. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> en tres lagos kársticos del ANP “Lagunas de Montebello”, Chiapas, México, con diferentes estados tróficos. Durante el periodo de estratificación (octubre de 2019), se midieron los perfiles verticales de temperatura (T) y oxígeno disuelto (OD), junto con la concentración CO<sub>2</sub> en los lagos San Lorenzo (eutrófico), San José (oligotrófico) y Tziscaco (ultra-oligotrófico). San Lorenzo presentó la mayor concentración promedio de CO<sub>2</sub> ( $40.18 \pm 25.03 \mu\text{mol CO}_2 \text{ L}^{-1}$ ) en contraste con el oligotrófico San José que presentó la menor concentración promedio ( $13.85 \pm 5.85 \mu\text{mol CO}_2 \text{ L}^{-1}$ ). En todos los casos se presentó una correlación negativa y de moderada a intensa entre la T y la concentración de CO<sub>2</sub> (TZ-Ultra  $R^2 = 0.9$ , SJ-Oligo  $R^2 = 0.9$  y SL-Eu  $R^2 = 0.5$ ) y entre la concentración de CO<sub>2</sub> y la concentración de OD (TZ-Ultra  $R^2 = 0.8$ , SJ-Oligo  $R^2 = 0.3$  y SL-Eu  $R^2 = 0.9$ ). La emisión promedio de CO<sub>2</sub> medida mediante cámaras estáticas flotantes fue de  $6.8 \pm 3.7 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . De forma preliminar aún, los resultados apuntan a que las variables indicadoras de la eutrofización, como la concentración de Clor-a, no explican por sí solas las emisiones de CO<sub>2</sub> en este tipo de lagos kársticos. Probablemente las emisiones de CO<sub>2</sub> sean reguladas por los aportes de carbono inorgánico de origen geológico.

**Palabras clave:** lagos kársticos; GEI; emisiones; efecto invernadero; tropicales.

### 4.3. Biomasa de los macroinvertebrados bentónicos de dos lagos tropicales de alta montaña

Oseguera Luis A.<sup>1</sup>; Alcocer Javier<sup>1</sup>; Escobar Elva<sup>2</sup> y García-Cid Lucero<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Limnología Tropical, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. de los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, 54090 Tlalnepantla, Mexico.

<sup>2</sup>Laboratorio de Biodiversidad y Macroecología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Ciudad Universitaria 3000, Alcaldía Coyoacán, C.P., 04510 Ciudad de México, Mexico

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Ciudad Universitaria 3000, Alcaldía Coyoacán, C.P., 04510 Ciudad de México, Mexico.

Autor para correspondencia: loseguera@unam.mx

#### Resumen

Los lagos de alta montaña son considerados “centinelas” de cambio global ya que, debido a su sensibilidad, responden rápidamente a los cambios evidenciando alteraciones tanto en las variables ambientales como en la biológicas. Los macroinvertebrados bentónicos son organismos muy sensibles a estos cambios por lo que el objetivo del presente estudio fue el reconocer la dinámica temporal de la biomasa de estos organismos en los lagos El Sol y La Luna del Parque Nacional Nevado de Toluca, México. Tanto en el El Sol como en La Luna se encontraron 4 especies. En El Sol estas especies fueron: *N. pardalis*, *L. hoffmeisteri*, *H. vulgaris*, y *Physa* sp. Mientras que en el lago La Luna se registraron: *N. pardalis*, *L. hoffmeisteri*, *L. variegatus* y *P. branickii*. El grupo de los MIB que aportó mayor biomasa fue el de los oligoquetos, en El Sol contribuyeron con el 99% de la biomasa total mientras que en La Luna su contribución fue del 93%. La especie que contribuyeron con mas biomasa en ambos lagos fue *L. hoffmeisteri* con el 70% para El Sol y el 75% para La Luna, seguida de *N. pardalis* con 29% para El Sol y 13% para La Luna. El resto de las especies solo se observaron en pocos meses durante todo el muestreo. Los valores de biomasa registrados (El Sol =  $3.63 \pm 4.43 \text{ mgC m}^{-2}$  y La Luna =  $3.69 \pm 7.35 \text{ mgC m}^{-2}$ ) son menores en comparación con otros lagos árticos y de alta montaña.

**Palabras clave:** peso húmedo; La Luna; El Sol; Nevado de Toluca.

#### 4.4. Almacenes de carbono en dos lagos tropicales de alta montaña, El Sol y La Luna, Nevado de Toluca

Aucancela Renato<sup>1</sup>; Alcocer Javier<sup>2</sup>; García-Oliva F.<sup>3</sup>; Oseguera Luis A.<sup>2</sup> e Ibarra Diana<sup>1</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>Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, AP 27-3, Santa María de Guido, Morelia, Michoacán 58090, México.

Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

##### Resumen

El Sol y La Luna son dos lagos tropicales de alta montaña en México. Con el fin de ser considerados como ecosistemas centinelas de cambio climático a nivel regional es imperante conocer, entre otras características, la magnitud y dinámica del C en sus aguas. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la variación temporal de las concentraciones de carbono orgánico disuelto (COD), carbono inorgánico disuelto (CID) y carbono orgánico particulado (COP) a lo largo de un ciclo anual en estos dos lagos. La concentración promedio de COD en El Sol fue ~8 veces mayor ( $3.3 \pm 0.7 \text{ mg L}^{-1}$ , 2.4 a  $5.2 \text{ mg L}^{-1}$ ) que en La Luna ( $0.4 \pm 0.1 \text{ mg L}^{-1}$ , 0.2 a  $0.7 \text{ mg L}^{-1}$ ). El COD presentó sus valores máximos en abril a inicios de la temporada de lluvias, lo cual podría tener su explicación en el mayor arrastre de materia orgánica del área de drenaje. El CID en El Sol fue ~2 veces mayor ( $3.4 \pm 1.1 \text{ mg L}^{-1}$ , 2.1 a  $5.2 \text{ mg L}^{-1}$ ) que en La Luna ( $1.7 \pm 0.7 \text{ mg L}^{-1}$ , 1.2 a  $3.8 \text{ mg L}^{-1}$ ). De manera similar al COD, la concentración de CID presentó sus valores máximos en abril a inicios de la temporada de lluvias. Por otra parte, el COP en El Sol fue ~2 veces mayor ( $0.3 \pm 0.1 \text{ mg L}^{-1}$ , 1.1 a  $0.4 \text{ mg L}^{-1}$ ) que en La Luna ( $0.2 \pm 0.1 \text{ mg L}^{-1}$ , 0.1 a  $0.3 \text{ mg L}^{-1}$ ).

**Palabras clave:** COD; CID; COP; Nevado de Toluca; Estado de México.





Sección 5

ECOSISTEMAS  
COSTEROS

## 5.1. ¿Cómo medir, monitorear y reportar carbono en manglares en restauración?

**Cisneros-de la Cruz Diana J.<sup>1</sup>; Herrera-Silveira Jorge A.<sup>1</sup>; Teutli-Hernández Claudia<sup>2</sup>; Ramírez-García Silvia A. <sup>1</sup>; Moreno-Martínez Ameyali<sup>1</sup>; Pérez-Martínez Oscar<sup>1</sup>; Canul-Cabrera Andrés<sup>1</sup>; Mendoza-Martínez Juan<sup>1</sup>; Montero-Muñoz Jorge<sup>1</sup>; Paz-Pellat Fernando<sup>3</sup> y Roman-Cuesta Rosa M<sup>4,5</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Investigación y de estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. Km. 6 Antigua carretera a Progreso Apdo. Postal 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yuc., México.

<sup>2</sup>Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación de la Facultad de Ciencias en Sisal, Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM Sisal). Puerto de Abrigo s/n, C.P. 97356, Sisal, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Programa Mexicano del Carbono (PMC). Calle Chiconautla No. 8 Interior A. Colonia Lomas de Cristo, C.P. 56225. Texcoco, Estado de México, México.

<sup>4</sup>Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). ICRAF Headquarters. United Nations Avenue. Gigiri 0100, Nairobi, Kenya.

<sup>5</sup>Wageningen University. 6708 PB Wageningen, Países Bajos.

Autor para correspondencia: cisnerosdelacruzdana@hotmail.com

### Resumen

Los manglares son reconocidos como ecosistemas con gran capacidad de capturar y almacenar altas concentraciones de carbono. Por lo que la restauración de manglares y la cuantificación de los servicios que proporciona, como el almacén y captura de carbono, resulta clave como una Solución basada en Naturaleza en los esfuerzos internacionales para combatir los efectos del cambio climático y proporcionar seguridad y bienestar a las poblaciones costeras. Además, contribuye en el cumplimiento de compromisos internacionales como el Acuerdo de París, los objetivos de desarrollo sustentable de la Agenda 2030; y para la restauración de tierras degradadas en el marco de la Década de la Restauración Ecológica. El objetivo de este trabajo es presentar el “Manual para la medición, monitoreo y reporte de carbono y gases de efecto invernadero en manglares en restauración”. Este manual proporciona una metodología para cuantificar y monitorear el almacén y captura de carbono en manglares en proceso de restauración durante las primeras fases de establecimiento y crecimiento del manglar. Durante estas etapas se presenta alta heterogeneidad espacial y temporal en cuanto al variabilidad ambiental y el desarrollo del manglar resultado de las acciones de restauración específicas de cada proyecto. El manual contribuye y complementa los manuales ya publicados para la medición y estimación de los almacenes de carbono en bosques maduros. Las herramientas metodológicas ofrecidas se alinean con metodologías basadas en los estándares del IPCC y pueden ser usadas por entidades gubernamentales, organizaciones civiles, sectores académico y empresarial, así como comunidades locales con apoyo técnico.

**Palabras clave:** *restauración ecológica; gases de efecto invernadero; captura de carbono; cambio climático.*

## 5.2. Proyecto de carbono azul Taab Ché: Potencial de mitigación en dos sitios piloto de Quintana Roo, México

Andrade-Medina Rosalía<sup>1</sup>; Mendoza-Martínez Juan E.<sup>2</sup> y Herrera-Silveira Jorge A.<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Laboratorio de Producción Primaria, Recursos del Mar, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional - Unidad Mérida. Carretera Antigua a Progreso Km 6, CP 97310, Mérida, Yucatán, México.  
Autor para correspondencia: rosalia.andrade@cinvestav.mx

### Resumen

El carbono azul se refiere a la alta capacidad de los manglares, pastos marinos y marismas para captar y almacenar CO<sub>2</sub>, sustentando a su vez otros cobeneficios sociales y ambientales (Howard *et al.*, 2014). En el marco del proyecto de carbono azul Taab Ché, se determinó el potencial de generación de créditos de carbono por reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD+) y potenciales de captura por incremento de biomasa aérea y subterránea resultado de acciones de restauración ecológica de manglares en dos sitios piloto: el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam y Áreas Naturales Protegidas de Isla Cozumel (APFFYB y ANP -Isla Cozumel) en el estado de Quintana Roo. La línea base de carbono fue determinada a escala local con un nivel de certidumbre 2 (IPCC, 2006), con base en el protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono en manglares de Kauffman *et al.* (2013). Los sitios piloto fueron analizados a través de imágenes satelitales Sentinel 2 y Landsat 7 usando el software ArcGIS, con lo cual se obtuvo la zonificación de cada sitio y la clasificación para cada zona con vegetación de manglar por tipo ecológico (cuenca, franja, chaparro y petén); se determinaron las especies dominantes (*Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*) y su condición (conservado, conservado en regeneración, degradado y perdido -en el cual ya no hay brotes o árboles muertos de manglar siendo generalmente otro tipo de vegetación secundaria-). El análisis de potencial de generación de créditos de carbono para participar en el mercado voluntario, se estimó con base en el total de carbono reportado en los almacenes del APFFYB y de ANP-Isla Cozumel y las tasas de deforestación estimadas para cada sitio (0.4% anual para Isla Cozumel y 0.04% anual para el APFFYB). Los créditos de carbono por captura (restauración) a 20 años, fueron estimados con base en el total de hectáreas de manglar en condición degradada o perdido, a una tasa de captura de 7.5 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para los primeros 10 años del proyecto (Teutli-Hernández *et al.*, 2016), y de 5 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para los siguientes 10 años (Erosa-Angulo, 2016). Los datos de carbono orgánico fueron convertidos a su valor de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2e</sub>). Se estimó un potencial de 2 844 362 t CO<sub>2e</sub> (créditos de carbono) que pueden ser colocados en el mercado voluntario de carbono a lo largo de 20 años para ambas intervenciones en proceso de certificación ante el Estándar de Carbono Plan Vivo.

**Palabras clave:** *carbono azul; créditos de carbono; mercado voluntario; restauración; manglares; mitigación; conservación.*

### 5.3. Acidificación Costera una laguna del Pacífico mexicano

Martínez-Galarza R. Adrián<sup>1</sup>; Sánchez-Cabeza Joan-Albert<sup>2\*</sup>; Cardoso-Mohedano J. Gilberto<sup>3</sup> y Páez-Osuna Federico<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de los Posgrados S/N, C.U., Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Calz. J. Montes Camarena s/n, 82040 Mazatlán, Sinaloa, México.

<sup>3</sup>Estación el Carmen, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Carretera Carmen-Puerto Real km. 9.5, C. P 24157 Ciudad del Carmen, Campeche, México.

Autor para correspondencia: [jasanchez@cmarl.unam.mx](mailto:jasanchez@cmarl.unam.mx)

#### Resumen

La Acidificación Oceánica (Ocean Acidification) puede ser definida como el proceso por el cual incremento de carbono hacen el agua de mar más ácida. Este proceso ha sido estudiado durante los últimos treinta años junto con el incremento de CO<sub>2</sub> atmosférico. Por otro lado, se ha comenzado a estudiar el tema de la acidificación en ecosistemas costeros, donde el intercambio de CO<sub>2</sub> entre la atmósfera y el agua marina no es la única fuente de CO<sub>2</sub> en la columna de agua. Se ha reportado que, en zonas costeras los aportes de materia orgánica y nutrientes pueden afectar la acidez del medio y por consecuencia al sistema de carbonatos. Es bien sabido que para estimar la cantidad CO<sub>2</sub> entra a la columna de agua y determinar su especiación química se necesita estimar las variables pH<sub>T</sub>, Alcalinidad Total, Carbono Inorgánico Disuelto (DIC por sus siglas en inglés) y pCO<sub>2</sub>. Adicionalmente se puede estimar el grado de saturación de los minerales de carbonato de calcio: calcita y aragonito, dos indicadores importantes para estudiar el proceso de calcificación. El Estero de Urías una laguna costera subtropical ubicada en el noroeste de México es una zona turística y pesquera importante para la Ciudad de Mazatlán, desafortunadamente el Estero está sujeto a diferentes tipos de estrés ambiental los cuales se ven reflejados en sus aguas con alto contenido de DIC, bajo pH y grado de saturación de aragonito ( $\Omega_{Ar}$ ). El objetivo del presente trabajo es establecer el estado actual del sistema de carbonatos en el Estero de Urías presentando una línea base estacional del sistema de carbonatos y  $\Omega_{Ar}$  y posteriormente hacer la comparación entre diferentes zonas del estero además de ver su relación con otras variables ambientales.

**Palabras clave:** *acidificación oceánica; CO<sub>2</sub>; sistema de carbonatos; acidificación costera;  $\Omega_{Ar}$ .*

## 5.4. Conservación del carbono en manglares: herramienta de mitigación al cambio climático en Los Petenes, Campeche

Cinco-Castro Siuling<sup>1,2</sup> y Espinosa-Garduño Marcela<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Asociación Territorios Vivos México, A.C., Edificio 51A, interior 201, Lindavista-Vallejo, Alcaldía Gustavo A. Madero, CP 07720, Ciudad de México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Producción Primaria, Recursos del Mar, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional - Unidad Mérida. Carretera Antigua a Progreso Km 6, CP 97310, Mérida, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: siuling.cinco@cinvestav.mx

### Resumen

Por su alto potencial para capturar y almacenar carbono en sus estructuras aéreas y subterráneas, los manglares son reconocidos como ecosistemas de carbono azul. A nivel mundial, estos ecosistemas están considerados en las estrategias para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, y deben basarse en el conocimiento de la dinámica de carbono azul a diferentes escalas. El objetivo de este estudio es estimar el almacén de carbono en árboles de manglar dentro de la Reserva de la Biosfera Los Petenes y su contribución a la mitigación de los efectos del cambio climático. Mediante ecuaciones alométricas se estimó el carbono almacenado en 56 parcelas de 100m<sup>2</sup>. Los resultados indican que el promedio del almacén de carbono es de 48.6±6.3 Mg C ha<sup>-1</sup> y que no existen diferencias entre sitios (p=0.4907) ni entre la zona norte y la zona sur de la reserva (p=0.8620). La conservación de este carbono en las estructuras del manglar indica que se retienen 178.5 t CO<sub>2</sub>e por ha. Considerando la extensión de manglares dentro de la reserva (59,262 ha), se tiene que en el ecosistema hay 10.8 M t CO<sub>2</sub>e únicamente en la biomasa arbórea, que podrían ser emitidos a la atmósfera si la cobertura de manglar se pierde. Es importante complementar esta información con otros componentes de los almacenes aéreos como material leñoso y mantillo, y los almacenes subterráneos en raíces y suelo, que tienen gran contribución en la captura y almacén de carbono y en la mitigación al cambio climático.

**Palabras clave:** *carbono azul; biomasa aérea; manglares; Reserva de la Biosfera Los Petenes; conservación.*

## 5.5. Mitigación y potencial de captura de carbono aéreo en manglares mexicanos

Cinco-Castro Siuling<sup>1</sup>; Herrera-Silveira Jorge<sup>1</sup>; Cisneros-de la Cruz Diana<sup>1</sup>; Andrade-Medina Rosalía<sup>1</sup>; Canul-Cabrera Andrés<sup>1</sup> y Pech-Poot Eunice<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Producción Primaria, Recursos del Mar, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional - Unidad Mérida. Carretera Antigua a Progreso Km 6, CP 97310, Mérida, Yucatán, México.  
Autor para correspondencia: siuling.cinco@cinvestav.mx

### Resumen

Los manglares son reconocidos como ecosistemas de carbono azul por su alto potencial de captura y almacenamiento de carbono. Actualmente son considerados puntos focales dentro de las acciones para reducir los efectos del cambio climático, principalmente mediante su conservación o restauración. Por esta razón, el objetivo de este estudio es determinar el potencial de captura de carbono aéreo que tienen los manglares del Golfo de México y la Península de Yucatán, principalmente si se restauran aquellos que se encuentran en condiciones degradadas. Para esto, a partir de bases de datos publicadas y propias del LPP-CINVESTAV-IPN, se estimó el promedio de los almacenes de carbono en el estrato arbóreo para el Golfo de México y Península de Yucatán (de Tamaulipas a Quintana Roo). Considerando tasas de captura de carbono calculadas en estudios previos, se estimó el potencial de captura de CO<sub>2</sub> en áreas degradadas por restauración para 2050. Los resultados indican que, si las áreas de manglar se conservan, se mitigan 246±13.2 Tg CO<sub>2</sub>e, mientras que, si las áreas degradadas se restauran, para 2050 se habrán capturado alrededor de 5.2 Tg CO<sub>2</sub>e, lo que en conjunto equivale a mitigar las emisiones por uso de combustibles fósiles generadas por 252 millones de personas anualmente. Esta información representa una herramienta para la toma de decisiones para el manejo de manglares, considerando que representan una oportunidad para la implementación de mecanismos de carbono azul y contribuir en la mitigación y adaptación al cambio climático.

**Palabras clave:** *carbono azul; potencial de captura; restauración; conservación; mitigación.*

## 5.6. Evaluación retrospectiva de la acumulación de carbono orgánico en sedimentos de manglar de sitios contrastantes de la laguna de Términos (Campeche)

Jupin J. L. J.<sup>1</sup>; Ruiz-Fernández A. C.<sup>2</sup>; Sanchez-Cabeza J. A.<sup>2</sup>; Pérez-Bernal L. H.<sup>2</sup>; Cardoso-Mohedano J. G.<sup>3</sup>; Gómez-Ponce M. A.<sup>3</sup>; Siffedine A.<sup>4</sup> y Flores-Trujillo J. G.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México.

<sup>2</sup>Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Calz. Montes Camarena s/n, 82040 Mazatlán, Sin., México.

<sup>3</sup>Estación El Carmen. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Carretera Carmen Puerto Real Km. 9.5, 24157 Cd del Carmen, Camp, México.

<sup>4</sup>Instituto de Investigaciones para el Desarrollo (IRD) en México. Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México.

<sup>5</sup>Universidad Autónoma del Carmen. Calle 56 No. 4, Col. Benito Juárez, 24180 Ciudad del Carmen, Campeche, México.

Autor para correspondencia: caro@ola.icmyl.unam.mx.

### Resumen

La laguna de Términos (LT) en Campeche ha sido ampliamente modificada a lo largo del tiempo como resultado del desarrollo urbano e industrial. Se presenta la evaluación preliminar de la variación temporal de la concentración y la tasa de acumulación de carbono orgánico ( $C_{org}$ ) en núcleos sedimentarios, recolectados en áreas de manglar de LT, bajo la influencia de los ríos Palizada (PA01) y Candelaria (CA03). Los sedimentos se caracterizaron por su distribución de tamaño de grano, susceptibilidad magnética y concentraciones de  $CaCO_3$ . Se estableció un modelo de edad, a partir del fechado con  $^{210}Pb$ , que permitió estimar tasas de acumulación del sedimento y de  $C_{org}$  a lo largo del último siglo. Se observaron mayores concentraciones de  $C_{org}$  (7.1-14.4%) y menores tasas de acumulación másica (TAM;  $0.06-0.3 \text{ g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) en CA03 que en PA01 (4.1-11.6% de  $C_{org}$ ,  $0.06-0.4 \text{ g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ), aunque las tasas de acumulación de  $C_{org}$  fueron comparables entre los núcleos (PA01:  $26-424 \text{ g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ; CA03:  $55-374 \text{ g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ). A pesar de que los sitios de estudio se encuentran en cuencas con características diferentes, ambos registros mostraron un aumento de la tasa de acumulación de  $C_{org}$  a lo largo del último siglo, debido principalmente al aumento de la TAM, que refleja el aumento de la erosión en las inmediaciones, probablemente resultado de la pérdida de la cobertura vegetal y al cambio de uso de suelo en las cuencas de ambos ríos.

**Palabras clave:** *carbono azul; fechado con  $^{210}Pb$ ; manglares; Laguna de Términos.*

## 5.7. Potencial de hidrógeno en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, Oaxaca, México

Ramos-Espejel Lorenzo I.<sup>1</sup>; Chapa-Balcorta Cecilia<sup>2</sup>; Norzagaray-López Carlos O. y Leal-Acosta María L.

<sup>1</sup>Licenciatura en Biología Marina, Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria, Puerto ángel, Distrito de San Pedro Pochutla, Oaxaca, México, C.P. 70902.

<sup>2</sup>Instituto de Recursos, Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria, Puerto ángel, Distrito de San Pedro Pochutla, Oaxaca, México, C.P. 70902.

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3917, Fraccionamiento Playitas, Ensenada, Baja California, México, C.P. 22860.

<sup>4</sup>Instituto de Industrias, Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria, Puerto ángel, Distrito de San Pedro Pochutla, Oaxaca, México, C.P. 70902.

Autor para correspondencia: israel.umar@hotmail.com

### Resumen

El aumento en las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico y el efecto de eutrofización, causan una disminución del potencial de hidrógeno en las lagunas costeras, las cuales pueden contribuir con la acidificación oceánica en las capas subsuperficiales debido a su conectividad. El estudio en la distribución espacial del potencial de hidrógeno y su relación con la temperatura y la salinidad sirve como herramienta para reconocer los procesos bioquímicos que predominan en los ecosistemas acuáticos. Con este fin, en el presente estudio se colectó un total de 22 muestras durante la temporada de secas en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, Oaxaca, México (12 en la laguna Pastoría y 10 en la laguna Chacahua), a las cuales se les midió la temperatura, se les determinó la salinidad por potenciometría y se calculó el potencial de hidrógeno mediante el software CO<sub>2</sub>sys 1.1. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas de salinidad y potencial de hidrógeno entre las lagunas ( $p_{\text{value}} < 0.05$ ). A su vez, la laguna Chacahua presentó mayor variación de temperatura, mayor salinidad y menor potencial de hidrógeno que la laguna Pastoría. De igual manera se encontró en la laguna Chacahua una correlación lineal inversamente proporcional de T y S con pH de 85% y 79% respectivamente. Se concluye que las distribuciones espaciales y la correlación lineal del pH con la salinidad y la temperatura permiten un acercamiento a los procesos dominantes en las lagunas costeras principalmente hidrológicos.

**Palabras clave:** *distribución espacial; hidrología; mezcla; salinidad; temperatura.*

## 5.8. Pastos marinos como almacenes de carbono en lagunas de ANP's en el Golfo de México y Caribe Mexicano

Cota-Lucero Tania C.<sup>1</sup>; Mendoza-Martínez J. E.<sup>1</sup>; Ramírez-Ramírez J.<sup>1</sup>; Morales-Ojeda. S.<sup>1</sup> y Herrera-Silveira Jorge A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de investigación y de estudios avanzados del IPN, Mérida, Yucatán.  
Autor de Correspondencia: cotalucero@gmail.com

### Resumen

Los pastos marinos son plantas submarinas que conforman uno de los ecosistemas costeros más importantes por los servicios ambientales que ofrecen, y su papel dentro de las estrategias de mitigación del cambio climático, pero también son vulnerables ya que se encuentran en peligro tanto a nivel mundial dentro de la lista roja de la IUCN, como en México mencionados en la NOM-059-2010. Las praderas de pastos marinos contribuyen a la alta productividad que existe en las zonas lagunares en ANP's marino-costeras, y por lo tanto a la economía nacional, por lo que su conservación es importante para los socioecosistemas asociados a estos hábitats críticos. El presente estudio presenta una revisión de bases de datos y bibliográfica para estimar el carbono orgánico en biomasa de pastos marinos de lagunas en ANP's marinas. Se registraron un total de 130 datos con presencia de *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii* y *Ruppia* sp. en 5 ANP. *Thalassia testudinum*, presentó  $1.32 \pm 1.70$  Mg C ha<sup>-1</sup> en biomasa viva, mayor que el resto de las especies. La laguna de Términos es la zona mejor representada con 72 datos y un almacén de carbono aéreo de  $0.80 \pm 0.74$  Mg C ha<sup>-1</sup> con presencia de 3 especies (*Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*), mientras el mayor almacén se registró en Yum Balam ( $2.49 \pm 2.63$  Mg C ha<sup>-1</sup>). Los resultados indican que existe escasa información de los pastos marinos en las ANPs, particularmente del papel que juegan cada una de las especies en los almacenes de carbono. Dado el papel funcional de los pastos marinos en los ecosistemas costeros donde estos se encuentran y los múltiples servicios que proveen, entre ellos el de mitigación a los efectos de cambio climático por su importante papel en los almacenes y flujos de carbono, es urgente establecer la línea base de estos hábitats críticos y conocer su funcionamiento para impulsar políticas y estrategias de manejo sostenible.

**Palabras clave:** lagunas; ANPs; pastos marinos; carbono; *Thalassia testudinum*.

## 5.9. Instrumentos de conservación para el manejo de los ecosistemas de carbono azul en México

Acosta-Velázquez Joanna<sup>1</sup> y Ochoa-Gómez Jonathan G.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Aura: Manglares y Costas S. C. Circuito Azul Cielo #1825. CP 82112, Mazatlán, Sinaloa, México. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen Campus III. Av. Central s/n, Fracc. Mundo Maya, CP 24115, Cd. del Carmen, Campeche, México. Autor de correspondencia: joanna.acosta@gmail.com

### Resumen

La zona costera representa una serie de gradientes biofísicos que moldean a los ecosistemas. La dinámica ecológica-social es clave en la provisión de servicios ecosistémicos que son soportados por la productividad de los sistemas costeros. El objetivo del trabajo fue revisar y analizar datos e información que contribuyan en la conservación de los servicios ecosistémicos de los humedales costeros de México. Se realizó una revisión exhaustiva respecto al estado del arte e instrumentos de conservación de los ecosistemas de carbono azul (manglares, marismas y pastos marinos) en México. Se realizaron análisis geográficos con la cartografía oficial de los manglares de México y otras fuentes cartográficas. El análisis en el sistema de información geográfica permitió clasificar el grado de conservación de los manglares de México en una escala cualitativa (nula, baja, media y alta) en función de los instrumentos de manejo (e.g., sitio RAMSAR) y la tenencia de la tierra (i.e. ejidos). Los resultados indican que los manglares son el ecosistema de carbono azul con mayor cobertura, el mejor estudiado y el único con instrumentos de manejo en México. El 1% de los manglares de México están perturbados o degradados y el 49% de los manglares tiene una escala media de conservación. La información/conocimiento y políticas públicas en México, relacionada a pastos marinos y marismas es incipiente. Es indispensable actualizar, poner en sinergia y evitar la contraposición de las políticas públicas de los ecosistemas de carbono azul para garantizar la provisión de los servicios ecosistémicos bajo un contexto de cambio global.

**Palabras clave:** *cambio climático; cartografía digital; políticas públicas; bases de datos.*

## 5.10. Mapeo de la cobertura y carbono orgánico aéreo en pastos marinos del Parque Costa Occidental Isla Mujeres

Mendoza-Martínez Juan E<sup>1</sup>; Ramírez-Ramírez Javier<sup>1</sup>; Robles-Toral Pedro Javier<sup>1</sup>; Cota-Lucero Tania<sup>1</sup> y Herrera-Silveira Jorge A<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>CINVESTAV-IPN Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida, Km 6 antigua carretera a Progreso, C.P. 97310, Mérida, Yucatán, México.  
Autor para correspondencia: kasumo\_60@hotmail.com

### Resumen

Los pastos marinos son plantas submarinas adaptadas completamente al medio marino y conforman uno de los ecosistemas costeros más importantes por los servicios ambientales que ofrecen, y su papel dentro de las estrategias de mitigación del cambio climático. No obstante, son susceptibles a diversas perturbaciones que disminuyen su cobertura y reducen la calidad de sus servicios ambientales. Establecer métodos que ayuden a evaluar de manera rápida y eficiente las características del dosel ayuda a conocer mejor la variabilidad espacial y en su momento la temporal. Se utilizó una aproximación metodológica a partir de datos tomados de campo y datos satelitales Sentinel-2. Los valores del almacén de carbono aéreo fueron estimados a partir de un modelo empírico entre los datos de campo y datos satelitales. La extensión de pastos marinos fue de 619 ha con un almacén promedio de  $0.31 \pm 0.2 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . Las praderas con mayor estructura del dosel reflejaron mayor contenido de carbono orgánico, presentándose en zonas someras menores a 2 m de profundidad. Los mapas de Carbono son una buena herramienta de análisis de las trayectorias de cambio en la cobertura de pastos marinos y al carbono capturado por el dosel.

**Palabras clave:** *impacto; cobertura de pastos marinos; emisiones de CO<sub>2</sub>; recuperación de praderas de pastos marinos.*

## 5.11. Estudio del Sistema de carbonatos en la laguna de Términos, Campeche

Martínez-Trejo J. Andrés<sup>1</sup>; Cardoso-Mohedano J. Gilberto<sup>2</sup>; Sánchez-Cabeza Joan-Albert<sup>3</sup>; Hernández-Ayón J. Martín<sup>3</sup>; Ruiz-Fernández Ana Carolina<sup>3</sup>; Gómez-Ponce Mario A.<sup>2</sup> y Martínez Galarza Ricardo A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de los Posgrados S/N, C.U., Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Estación el Carmen, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Carretera Carmen-Puerto Real km. 9.5, C. P 24157 Ciudad del Carmen, Campeche, México.

<sup>3</sup>Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Calz. J. Montes Camarena s/n, 82040 Mazatlán, Sinaloa, México.

<sup>4</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 103 Carr.Tijuana-Ensenada, Ensenada, Baja California, México.

Autor para correspondencia

### Resumen

Desde la revolución industrial el ser humano ha incrementado la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Si bien el océano tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de CO<sub>2</sub> atmosférico y amortiguar el pH, su rápido crecimiento está causando una disminución del pH y el desequilibrio del sistema de carbonatos, fenómeno conocido como acidificación marina. El sistema de carbonatos puede estudiarse a través de cuatro variables fundamentales: la presión parcial de CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>), el pH, la alcalinidad total y el carbono inorgánico disuelto total (DIC por sus siglas en inglés). En los ecosistemas costeros, además de los intercambios atmosféricos de CO<sub>2</sub>, efectos locales como las descargas de los ríos y las descargas antropogénicas pueden modificar el sistema de carbonatos y el pH (acidificación costera), que amplifican los efectos de la acidificación marina. La laguna de Términos, en el sur del Golfo de México, es el mayor sistema lagunar estuarino del país. Debido a sus diversos servicios ecosistémicos y su alta biodiversidad se considera desde 1994 como Área de Protección de la Flora y Fauna. El objetivo del presente trabajo es establecer el estado actual del sistema de carbonatos en la laguna de Términos presentando una línea base estacional de las concentraciones de alcalinidad, TIC y  $\Omega_{ar}$  dentro de la laguna.

**Palabras clave:** *ciclo del carbono; dióxido de carbono; acidificación marina; Golfo de México; acidificación costera.*

## 5.12. Dinámica del carbono (almacenamiento y captura) en un transecto del manglar El Playón en Sian Ka'an, Quintana Roo

Cortes-Esquivel José L.<sup>1</sup>; Herrera-Silveira Jorge A.<sup>1</sup>; Quintana-Owen Patricia<sup>2</sup>; Teutli-Hernández Claudia<sup>1</sup>; Pérez-Martínez Oscar<sup>1</sup> y Pech-Poot Eunice<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Recursos del Mar, Doctorado en Ciencias Marinas, CINVESTAV Unidad Mérida, Km 6, Antigua Carretera Mérida-Progreso, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Departamento de Física Aplicada, Laboratorio Nacional de Nano y Biomateriales (LANNBIO), CINVESTAV Unidad Mérida, Km 6, Antigua Carretera Mérida-Progreso, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México.

Autor de correspondencia: josel.cortes@cinvestav.mx

### Resumen

Los manglares como ecosistema representan uno de los almacenes más importantes de carbono en el mundo. Al encontrarse en zonas cercanas a la costa son amenazados por la deforestación y cambio de uso de suelo para actividades principalmente turísticas, por lo que pierden de forma significativa la capacidad de ese almacenamiento, de ahí la importancia de conservar y restaurar este tipo de bosques. Los manglares pueden almacenar hasta cinco veces más carbono orgánico (Corg) en sus suelos que otros tipos de bosques, sin embargo, la degradación de estos puede liberar una gran cantidad de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera. El objetivo fue analizar el incremento del promedio del Corg contenido en perfiles de suelo en un transecto del sitio de restauración de manglar El Playón del ANP de Sian Ka'an, comparando el almacén del Corg al inicio de las acciones de restauración (2014) con el mismo transecto cinco años después (2019). Además, se obtuvo el porcentaje de vegetación de un área superficial de 27 ha con ayuda de ArcGis en la zona donde se realizó el transecto. Se concluyó que: i) se observa incremento del promedio de almacén de Corg (Mg ha<sup>-1</sup>) de aproximadamente tres veces a lo registrado al inicio de la restauración; ii) se observó una recuperación de 7% de manglar en cinco años, iii) se determinaron las emisiones de CO<sub>2</sub>e a la atmósfera por degradación del manglar y, iv) a partir de la diferencia del almacén de carbono en el periodo de tiempo (2014-2019) se obtuvo la captura de carbono por año.

**Palabras clave:** *perfiles de suelo; promedio de carbono orgánico; emisiones; captura de carbono.*

### 5.13. Sistema del CO<sub>2</sub> en condiciones de post-tehuano en Bahías de Huatulco, Oaxaca, México

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

<sup>1</sup>Carrera de Biología Marina. Universidad del Mar. C.P. 70902, Puerto Ángel, Oaxaca.

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

<sup>3</sup>Instituto de Industrias Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Ciudad Universitaria S/N, CP 70902, Puerto Ángel, Oaxaca, México.

<sup>4</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas Universidad Autónoma de Baja California. Km. 104 Tij-Ens. Ensenada Baja California.

Autor para correspondencia: cecychb@angel.umar.mx

#### Resumen

En este trabajo se evaluaron los componentes del sistema de carbonatos en Bahías de Huatulco (BH) durante el mes de abril de 2017, en temporada de post-tehuano. Se colectaron muestras de agua a lo largo de un transecto perpendicular a la costa. Se analizaron en el laboratorio el carbono inorgánico disuelto (CID) y la alcalinidad total (AT) y se calcularon la presión parcial del CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>), el pH y el estado de saturación de aragonita ( $\Omega_{Ar}$ ). Los resultados muestran una capa mezclada somera y la presencia de la masa de Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt) enriqueciendo aguas superficiales con CID (>2150  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ), AT (>2280  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ) y pCO<sub>2</sub> (>1000  $\mu\text{atm}$ ), además bajos niveles de pH (<7.8) y  $\Omega_{Ar}$ , (<1.5). También, se identificaron cuatro eventos de tehanos y una eventual calma (post-tehuano) previo a la fecha de muestreo, aunado a esto se registraron vientos del este que circulaban paralelos a la costa cerca de la zona de muestreo. Esto sugiere la presencia de procesos oceanográficos que provocan el ascenso de la ASsSt como remolinos ciclónicos en la parte central del Golfo de Tehuantepec (GT) y surgencias en la costa oeste del GT, las cuales se han reportados en estudios previos bajo condiciones de post-tehuano. Los bajos niveles de pH y  $\Omega_{Ar}$  registrados en la superficie son comparables a las predicciones para el 2100 (pH de 7.7). Aunado a esto, comunidades arrecifales que se encuentran en BH han mostrado ser susceptibles a la acidificación del océano.

**Palabras clave:** *procesos oceanográficos; comunidades arrecifales; vientos tehanos.*



Sección 6

ECOSISTEMAS  
MARINOS

## 6.1. Variabilidad espacial de la $p\text{CO}_2$ en tres regiones del Pacífico frente a México

Coronado-Álvarez L. de Lourdes A.<sup>1</sup>; Hernández-Ayón J. Martín<sup>1</sup>; Espinosa-Carreón T. Leticia<sup>2</sup> y Delgado-Contreras Juan A<sup>3</sup>.

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

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Guasave, Sinaloa. <sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Guaymas, Sonora.

Autor de correspondencia: coronadolu@yahoo.com.mx

### Resumen

El Pacífico frente a México cuenta con diversas características oceanográficas físico-químicas y biológicas que producen sea un área heterogénea, lo cual incorpora gran variabilidad a la presión parcial de bióxido de carbono ( $p\text{CO}_2$ ). Por lo que poder discernir qué factores físicos o biológicos son los que influyen en mayor medida en los cambios espaciales de la  $p\text{CO}_2$  fue el objetivo de este estudio. Se compilaron ~13 500 datos de temperatura superficial de mar,  $p\text{CO}_2$  y salinidad de diversas bases de datos internacionales. Se regionalizó el área de estudio en tres regiones de acuerdo a su dinámica física: Sistema de la Corriente de California (SCC), Cabo Corrientes (CC) y Golfo de Tehuantepec (GT). Se estimó la razón Temperatura/Biología (T/B) que supone que los cambios en la  $p\text{CO}_2$  están dados por las variaciones en la temperatura del mar y la fijación de carbono mediante fotosíntesis. Bajo este esquema se observó que los cambios de la  $p\text{CO}_2$  están dados principalmente por factores biológicos en la zona cercana a la costa, mientras que la temperatura domina en el área oceánica. Sin embargo, por época climática se reportó que el factor térmico fue el dominante en verano en el SCC, CC y GT. Aunque los cambios en la biología son los predominaron en primavera para SCC y CC, mientras que en el GT fue en época de tehuanos, de noviembre a marzo.

**Palabras clave:** *Cabo Corrientes; Golfo de Tehuantepec; flujos; Sistema de la Corriente de California; gradiente.*

## 6.2. Distribución de la biomasa macrofaunal en cuatro localidades del mar profundo del golfo de México

Cabrera-Peralta Sebastián D.<sup>1</sup> y Escobar-Briones Elva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Circuito Exterior S/N, C.P. 04510, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Circuito Exterior S/N, C.P. 04510, Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

Autores para correspondencia: [darien\\_44@live.com.mx](mailto:darien_44@live.com.mx); [escobri@cmarl.unam.mx](mailto:escobri@cmarl.unam.mx)

### Resumen

La macrofauna de mar profundo contribuye a los flujos de energía en los océanos y su biomasa expresada como carbono orgánico es un buen estimador de su producción. El presente estudio describe la distribución de la biomasa de la macrofauna al interior del sedimento superficial (estratos 0-2, 2-5 y 5-10 cm) en cuatro localidades de mar profundo, una en el talud continental inferior y tres en la planicie abisal Sigsbee en el golfo de México. La biomasa varió entre localidades y estratos del sedimento. Los valores registrados varían de  $0.24 \pm 0.05$  a  $23.55 \pm 31.07$  mg C<sub>org</sub> m<sup>-2</sup>. El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas para la biomasa entre sitios al occidente y un sitio al oriente de la cuenca. De los ocho grupos taxonómicos reconocidos los anélidos poliquetos y los crustáceos son los que más contribuyeron a la biomasa en la mayoría de los estratos y localidades. La variabilidad observada se atribuye a los flujos de origen fotoautotrófico en el fondo marino y a la conducta y uso del sedimento por algunas de las especies.

**Palabras clave:** *carbono orgánico; bentos; planicie abisal; talud continental.*

### 6.3. Biogeoquímica del sistema del carbono - oxígeno por incursión del Agua Caribeña al Golfo de México

Cervantes-Díaz Gabriela Y.<sup>1,2</sup>; Hernández-Ayón J. Martín<sup>2</sup>; Norzagaray-López Orión<sup>2</sup>; Delgado-Contreras Juan A.<sup>3</sup>; Zirino Alberto<sup>4</sup> y Barbero Leticia<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Transpeninsular Tijuana-Ensenada, no. 3917, Fraccionamiento Playitas, CP 22860. Ensenada, Baja California, México.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Transpeninsular Tijuana-Ensenada, no. 3917, Fraccionamiento Playitas, CP 22860. Ensenada, Baja California, México.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México campus Guaymas, km. 4, Ave. Tecnológico, Sector las Playitas, CP 85480, Guaymas, Sonora, México

<sup>4</sup>Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego, 9500 Gilman Drive, La Jolla, California 92093, USA.

<sup>5</sup>NOAA's Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, 430 Rickenbacker Causeway, Miami, FL. 33149.

Autor para correspondencia: jmartin@uabc.edu.mx

#### Resumen

La Corriente de Lazo (CL) y los remolinos anticiclónicos desprendidos (LCEs) transportan agua superficial del mar Caribe (CSW) al Golfo de México (GoM). La CSW se estratifica y se posiciona superficialmente sobre el Agua Común del Golfo (CGW) y el Agua Central del Atlántico Tropical (TACW). En este trabajo se evaluó la presencia de CSW asociada a la biogeoquímica del sistema del Carbono Inorgánico Disuelto (DIC) y oxígeno disuelto (OD) dentro del GoM. Se encontró que la topografía dinámica absoluta se asocia a las distribuciones espaciales de la Temperatura, Salinidad, OD, DIC,  $pH_{SW}$  y el  $pCO_2$ . Los análisis entre ADT, DIC, OD, la climatología CARS2009 y las observaciones de los XIXIMI's (2010 a 2016), muestran relaciones entre los cambios físicos y biogeoquímicos. Los diagramas T-S de cinco cruceros y las climatologías de CARS2009 confirman la presencia de CSW en el verano y débil en el invierno. La incursión del CSW incrementa las aguas oligotróficas, oxigenadas, cálidas ( $> 30$  °C), pobres en DIC, con valores de  $pH_{SW} \sim 7.98$  y alto  $pCO_2$ , liberando  $CO_2$  a la atmósfera. En invierno, la TACW acerca nutrientes a superficie y los vientos Nortes favorecen la mezcla y la productividad. En cuanto a la química del carbono, en el invierno se observaron condiciones superficiales de  $pH_{SW}$  con valores  $\sim 8.1$ , así como bajos valores de  $pCO_2$  con respecto al valor en equilibrio con la atmósfera, siendo el GoM sumidero de  $CO_2$ . Finalmente, se sugiere que la mesoescala controla la distribución thermohalina y química en el GoM.

**Palabras clave:** *Golfo de México; CSW; DIC;  $pCO_2$ ;  $pH_{SW}$ ; temperatura.*

## 6.4. Distribución superficial de pH y Omega aragonita frente a la bahía de Manzanillo, México, durante abril de 2019

De la Cruz-Ruiz A. Itahi<sup>1</sup>; Espinosa-Carreón T. Leticia<sup>1</sup>; Coronado-Álvarez Lourdes<sup>2</sup> y Hernández-Becerril David U<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Sinaloa. Boulevard Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250, Col. San Joaquín, CP 81101, Guasave, Sinaloa, México.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3917, Fraccionamiento Playitas CP 22860, Ensenada, Baja California, México.

<sup>3</sup>Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apdo. postal 70-305, Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX. 04510, México.

Autor para correspondencia: itahi.dlc@gmail.com

### Resumen

Se realizó una campaña oceanográfica en abril de 2019 en el Pacífico tropical mexicano, a bordo del B/O El Puma, donde se tomaron alícuotas superficiales en cinco estaciones frente a la bahía de Manzanillo, Colima, para el análisis en laboratorio de carbono inorgánico disuelto y alcalinidad total. Con los datos obtenidos en dichos análisis fueron calculados los valores de  $\text{pH}_{\text{sw}}$  y Omega aragonita, información que se analiza en el presente trabajo para conocer si hay afectaciones por la acidificación del océano en dicha zona. Con los datos de temperatura conservativa y salinidad absoluta se observó la presencia del Agua de transición en las 5 estaciones monitoreadas y el Agua Tropical Superficial en solo una de ellas. Se utilizaron imágenes satelitales de temperatura superficial del mar y clorofila para un mejor entendimiento de la hidrografía de la región, con las que se observó una franja costera de agua fría y altos valores de clorofila. La variación de los valores de  $\text{pH}_{\text{sw}}$  superficial en las estaciones de 8.15 a 8.20, mientras que la Omega aragonita varió entre 4.38 a 4.62. Lo anterior indica que las estructuras calcáreas pudieron fácilmente formarse, preservarse y precipitarse sin problemas frente a la bahía de Manzanillo durante abril de 2019. Sin embargo, es importante resaltar que lo anterior son solo valores superficiales y que para comprender mejor el proceso de acidificación es importante la integración de información de la columna de agua.

**Palabras clave:** *sistema del carbono; pH; Omega aragonita; acidificación del océano; Pacífico tropical mexicano.*

## 6.5. Distribución espacial del estado de saturación de aragonita y pH durante diciembre de 2020 en isla La Blanca, Oaxaca

Flores-Ramírez Montserrat<sup>1</sup>; Chapa-Balcorta Cecilia<sup>2</sup>; López-Pérez Ramón A.<sup>3</sup>; Leal-Acosta María L.<sup>4</sup> y García-Burciaga Hugo O.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Programa de Maestría en Ciencias: Ecología Marina, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Mar campus Puerto Ángel. Ciudad Universitaria, S/N, C.P 70902, Oaxaca, México.

<sup>2</sup>Instituto de Recursos, Universidad del Mar campus Puerto Ángel. Ciudad Universitaria, S/N, C.P 70902, Oaxaca, México.

<sup>3</sup>Departamento de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, C.P 09340, Ciudad de México, México

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

<sup>5</sup>Carrera de Biología Marina. Universidad del Mar campus Puerto Ángel. Ciudad Universitaria, S/N, C.P 70902, Oaxaca, México.

Autor para correspondencia: cecychb@angel.umar.mx

### Resumen

El Golfo de Tehuantepec (GT) es una región con alto dinamismo, debido a que tiene la influencia estacional de vientos de chorro llamados Tehuanos ( $>10 \text{ ms}^{-1}$ ), estos vientos producen cambios en la estructura de la columna de agua, así como, una compleja circulación costera. Esto promueve un cambio significativo en la química del agua, lo que a su vez modifica la distribución de los parámetros del sistema de carbonatos. Con el objetivo de evaluar la influencia que tienen los vientos Tehuanos sobre el sistema de carbonatos en isla La Blanca, en el GT, se colectaron muestras de agua el 16 de diciembre de 2020. Se cuantificaron dos variables del sistema de carbonatos; carbono inorgánico disuelto (CID) y alcalinidad total (AT), y se calculó el estado de saturación de aragonita ( $\Omega_{\text{arag}}$ ) y el pH. Lo anterior mediante muestras discretas a diferentes profundidades de acuerdo con la batimetría de la zona. El día del muestreo en el área de estudio no se presentó viento Tehuano; estuvo influenciada por el Agua Superficial Tropical (AST) y se obtuvieron valores de pH de 8.2 a 8.3 y valores de  $\Omega_{\text{arag}}$  de 2 a 2.4. Se concluye que isla La Blanca en el mes de diciembre tuvo valores de pH y  $\Omega_{\text{arag}}$  mayores a lo reportado a la misma zona de estudio en condiciones post-Tehuano.

**Palabras clave:** *estado de saturación de aragonita; carbono inorgánico disuelto; alcalinidad total; pH.*

## 6.6. Distribución vertical de la hidrología y algunas variables del sistema del carbono en Guaymas 2016 y Mulegé 2017, golfo de California, México

Espinosa-Carreón T. Leticia<sup>1</sup>; De la Cruz-Ruiz A. Itahi<sup>1,2</sup>; Montoya-Cota Dariana L.<sup>3</sup> y Olmos-Velderrain Daniela<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Sinaloa. Boulevard Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250, Col. San Joaquín, CP 81101, Guasave, Sinaloa, México.

<sup>2</sup>Doctorado en Conservación del Patrimonio Paisajístico, Instituto Politécnico Nacional.

<sup>3</sup>Verano Delfin, Universidad Autónoma de Sinaloa, Campus Mochis, Sinaloa.

<sup>4</sup>Verano Delfin, Universidad de Sonora.

Autor para correspondencia: leticiaesp@gmail.com

### Resumen

Se realizaron dos campañas oceanográficas en septiembre de 2016 frente a Guaymas, Sonora, y julio 2017 frente a Mulegé, Baja California Sur, a bordo de los B/O Altair y Tecolutla de la Secretaría de Marina. Con ayuda de un CTD SeaBird 19Plus se obtuvieron los perfiles hidrológicos y a profundidades estándar alcuotas de agua para la determinación de carbono inorgánico disuelto (CID) y alcalinidad total (AT). Se seleccionó una estación representativa de Guaymas (E1) y otra de Mulegé (E2) para conocer la variabilidad vertical de la hidrología, CID y AT. Se realizaron diagramas T-S y perfiles de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, clorofila, CID y AT. En la E1, se registró un predominio del Agua Tropical Superficial (ATS), mientras que, en la E2, el Agua del Golfo de California (AGC), el límite superior del Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs) fue aproximadamente a los 80 m en la E1 y a los 100 m en la E2. La concentración de oxígeno disuelto fue menor en la E1 (4.17 ml L<sup>-1</sup>) y mayor en la E2 (6.63 ml L<sup>-1</sup>). Ambas presentaron un máximo de clorofila con concentración y profundidad similar (E1: 1.91 mg m<sup>-3</sup> a 42 m, E2: 1.97 mg m<sup>-3</sup> a 37 m). La distribución de DIC mostró en general concentraciones más altas en la E1, con 2090 μmol kg<sup>-1</sup> en superficie y 2364 μmol kg<sup>-1</sup> a los 200 m, mientras que la E2 registró valores de 2044 μmol kg<sup>-1</sup> en superficie y de 2243 μmol kg<sup>-1</sup> a los 200 m. Se presentó una relación importante ente las masas de agua y el carbono inorgánico disuelto.

**Palabras clave:** *carbono inorgánico disuelto; alcalinidad total; masas de agua; golfo de California; Guaymas; Mulegé.*

## 6.7. Intensa desnitrificación en una bahía tropical del Golfo de California

Alberto Sánchez<sup>1</sup>; Rodríguez-Figueroa Griselda<sup>1</sup>; Shumilin Evgueni<sup>1</sup> y Ortiz-Hernández Ma. Concepción<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, Av. IPN SN, Col. Playa Palo de Sta. Rita, La Paz, B.C.S, México

<sup>2</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal, Av. Centenario km 5.5, Col. Pacto Obrero Campesino, Chetumal, Quintana Roo, México

Autor para correspondencia: alsanchezg@ipn.mx, alsanchezg13@gmail.com

### Resumen

La expansión de la frontera superior de la zona de mínimo de oxígeno ha sido asociada con la baja solubilidad del oxígeno en el océano superficial, debido al calentamiento global en regiones tropicales. Sin embargo, los registros de  $\delta^{15}\text{N}$  de la materia orgánica particulada en hundimiento y de los sedimentos sugieren que la solubilidad del oxígeno es controlada por el forzamiento oceanográfico en la región ecuatorial tropical. Con la finalidad de entender los procesos que controlan la desnitrificación observada en la Bahía de La Paz, se recolectaron 31 muestras de sedimentos superficiales en la Bahía de La Paz. Las muestras de sedimentos superficiales fueron analizadas para cuantificar la relación isotópica de nitrógeno. Se identifican tres grupos de valores de  $\delta^{15}\text{N}$ : (1) contribución terrestre, (2) mezcla nitrificación-desnitrificación y (3) desnitrificación. Las condiciones de hipoxia ( $<60 \mu\text{M}$ ) sugiere intensa desnitrificación de la columna de agua a 50 m de profundidad. El  $\delta^{15}\text{N}$  de la materia orgánica es mayor en la bahía, el margen de Chile y la región norte del Océano Índico con respecto a los márgenes de Angola. Esta diferencia entre estos sitios es debido a las condiciones de deficiencia de oxígeno permanentes en los primeros tres sitios y la productividad exportada en los cuatro sitios.

**Palabras clave:** *desnitrificación; oxígeno disuelto; productividad exportada; Golfo de California.*

## 6.8. Sistema de carbono en dos zonas de surgencias en el Sistema Frontal de Baja California Sur en 2019

Covarrubias-Caraveo Yamili A.<sup>1</sup>; Espinosa-Carreón Teresa L.<sup>1</sup>; Hernández-Ayón José M.<sup>2</sup>; Morales-Gutiérrez Selene C.<sup>3</sup> y Martínez-Magaña Víctor H.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa. Boulevard Juan de Dios Bátiz Paredes #250, Col San Joaquín, CP 81101, Guasave, Sinaloa.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO), Universidad Autónoma de Baja California. Apartado Postal 453, CP 2280, Ensenada, Baja California.

<sup>3</sup>CRIAP Puerto Morelos, Matamoros #7, Municipio Benito Juárez, CP 77580, Puerto Morelos, Quintana Roo.

<sup>4</sup>CRIAP Manzanillo, Playa Ventanas s/n, Col. Carretera Manzanillo a Campos Colima, CP 28200, Manzanillo, Colima.

Autor para correspondencia: yamicrb@gmail.com

### Resumen

El océano es uno de los principales reguladores de la temperatura del planeta y en este se llevan a cabo procesos importantes como el intercambio océano-atmósfera. En este estudio, se analizó la influencia de las surgencias costeras en el sistema de carbono y las variables hidrográficas en dos estaciones ubicadas en el Sistema Frontal de Baja California Sur. Se encontró que las surgencias detectadas en esta zona se encontraban en una etapa de relajamiento. La alcalinidad total (AT) se comportó de manera inversa entre las dos estaciones. Mientras que el carbono inorgánico disuelto (CID) y la  $pCO_2$  se comportaron de manera similar en ambas estaciones, aumentando su concentración con respecto a la profundidad, aunque las concentraciones de CID y pH sugieren que en la E05 la surgencia pudiera haber sido más intensa. El pH, al contrario, tuvo un patrón de disminución a lo largo de la columna de agua.

**Palabras clave:** *Sistema Frontal de Baja California Sur; alcalinidad total; carbono inorgánico disuelto;  $pCO_2$ ; pH.*

## 6.9. Progresión del calentamiento y la acidificación del océano a largo plazo en el golfo de Tehuantepec

Arroyo-Barros Indira<sup>1</sup> y Chapa-Balcorta Cecilia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Postgrado en Biotecnología, Universidad Libre. Km7 vía antigua de Puerto Colombia, Barranquilla, Colombia.

<sup>2</sup>Instituto de Recursos. Universidad del Mar., Cd. Universitaria SN, Puerto Ángel, Oaxaca, México CP 70902.

Autor para correspondencia: cecychba@angel.umar.mx

### Resumen

Los océanos cumplen una función esencial para la vida en el planeta por su capacidad de producir oxígeno, y de regular la temperatura en la tierra, y adicionalmente son una fuente generadora de recursos alimenticios para la humanidad. Pero aproximadamente desde la revolución industrial algunas acciones de los seres humanos han traído como consecuencia cambios en los sistemas climáticos y atmosféricos que ha repercutido en los procesos de los océanos, razón por la cual es tan importante el estudio de las variables biogeoquímicas del océano. En este caso por medio de imágenes satelitales se tomaron estos datos para estudiar la temperatura superficial del mar, la salinidad, el pH, el flujo de CO<sub>2</sub> en el Golfo de Tehuantepec, en donde se tomaron los puertos de Salina Cruz, Puerto Ángel, Puerto Escondido como puntos de referencia debido a su importancia turística y económica. Se observó el comportamiento de estas variables en un periodo entre 1993 a 2019, y se encontró que las variables de la Temperatura Superficial del Mar, y la salinidad presentaron una tendencia de aumento, aunque en Puerto Escondido la salinidad presentó una disminución en su tendencia, el pH en los tres puertos presenta una tendencia a ir disminuyendo y el flujo de CO<sub>2</sub> tiene una leve tendencia a aumentar. Todos estos resultados evidencian que los comportamientos de estas variables biogeoquímica están cambiando, afectando los ecosistemas marinos y la seguridad alimentaria de la especie humana.

**Palabras clave:** *Temperatura superficial del Mar (TSM); salinidad; flujo del CO<sub>2</sub>; pH.*



Sección 7

ECOSISTEMAS  
TERRESTRES

## 7.1. Guía para la construcción de ecuaciones alométricas: —¿y la validación? — También

**Méndez-González Jorge**<sup>1</sup>; Paz-Pellat Fernando<sup>2</sup>; Manzano-Camarillo Mario<sup>3</sup>; Méndez-Encina Fátima Monserrat<sup>4</sup>; Flores Andrés<sup>5</sup>; Sosa-Díaz Librado<sup>6</sup> y Cambrón-Sandoval Víctor Hugo<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila México C.P. 25315.

<sup>2</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Mty.

<sup>4</sup>Estudiante de maestría en ISP, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila México C.P. 25315.

<sup>5</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID COMEF) del INIFAP. Coyoacán, CDMX. México.

<sup>6</sup>Estudiante de doctorado, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

<sup>7</sup>Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. Av. de las Ciencias s/n. 76230, Juriquilla, Querétaro.

Autor para correspondencia: jmendezg@hotmail.com

### Resumen

La necesidad de generar ecuaciones alométricas robustas para predecir los almacenes y flujos carbono en los ecosistemas terrestres es imperante. Sin embargo, una ecuación robusta requiere que se cumplan los supuestos de un modelo de regresión lineal, de lo contrario, existe una alta probabilidad de que las predicciones con nuevos datos, sean erráticas e imprecisas. Además, el objetivo final de una ecuación alométrica es para ‘predecir’ datos que la ecuación nunca antes había ‘visto’, de aquí lo crucial de evaluar la ‘capacidad predictiva’ de la ecuación. Este documento presenta al lector una guía breve para construir una ecuación alométrica, se explica paso a paso, desde la creación hasta evaluación de su ‘capacidad predictiva’, empleando interpretaciones sencillas para mejor entendimiento.

**Palabras clave:** *alometría; capacidad predictiva; ecuación; supuestos.*

## 7.2. Reservas de carbono orgánico del suelo en un Chernozem bajo dos usos de suelo

Martínez-Soto Rodolfo A.<sup>1\*</sup>; Yáñez-Díaz María I<sup>1</sup>; Cantú-Silva Israel<sup>1</sup>; González-Rodríguez Humberto<sup>1</sup> y Marmolejo-Moncivais José G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Carretera Nacional Km 145, Linares, Nuevo León, México.  
Autor para correspondencia: alejandro50cnt@hotmail.com

### Resumen

Las actividades antropogénicas como la ganadería, agricultura y la industria son las principales fuentes de liberación de CO<sub>2</sub> a la atmosfera. Se evaluaron las propiedades químicas de un suelo Chernozem en General Terán, Nuevo León en dos sistemas de uso del suelo, Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) y Plantación de cítricos (Cítricos). Se colectaron muestras compuestas a profundidades de 0-10 y 10-30 cm para dar un total de 16 muestras, las variables químicas analizadas fueron, carbono orgánico del suelo (COS) y reserva de carbono en toneladas por hectárea (RCOS Mg h<sup>-1</sup>). Las variables no cumplieron con los supuestos de normalidad y se aplicó una prueba de Mann-Whitney, encontrándose diferencias para las variables. Los valores medios del COS para el área de MET y cítricos en la profundidad 0-10 cm fue de 2.87 y 2.15% respectivamente, la profundidad 10-30 cm el área de Cítricos presentó un 1.88% y MET 1.44%. La RCOS en la profundidad 0-10 cm el uso MET presentó 26.88 Mg h<sup>-1</sup> y el uso de cítricos 19.79 Mg h<sup>-1</sup>, para la profundidad 10- 30 cm los cítricos presentaron 33.73 y el MET 26.88 Mg h<sup>-1</sup> respectivamente. Los resultados muestran que el cambio de uso del suelo de Matorral a huerta de cítricos representa una pérdida del 26.3% (0-10 cm) y 20.3% (10-30 cm) del carbono almacenado en el suelo.

**Palabras clave:** *Matorral Espinoso Tamaulipeco; cítricos; chernozem; stock de carbono; COS.*

### 7.3. Las quemas prescritas y su efecto en el almacenamiento de carbono en ecosistemas forestales en Chiapas, México

López-Cruz susana del C.<sup>1</sup>; Aryal Deb R.<sup>2</sup>; Velázquez-Sanabria Carlos A.<sup>3</sup>; Guevara-Hernández Francisco<sup>3</sup>; Venegas-Venegas José A.<sup>2</sup>; Reyes-Sosa Mariela B.<sup>2</sup> y Pinto-Ruiz René<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Maestría en ciencias en producción agropecuaria tropical. Boulevard Laguitos No. 338 Col. Los Laguitos, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas C.P. 29020.

<sup>2</sup>Catedras CONACYT-UNACH, Facultad de Ciencias Agronómicas, Carr. Ocozocoautla Villaflores, CP 30470, Villaflores, Chiapas.

<sup>3</sup>Universidad autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas, Carr. Ocozocoautla Villaflores, CP 30470, Villaflores, Chiapas.

Autor para correspondencia: susana.loc@hotmail.com

#### Resumen

El cambio climático es un reflejo de diferentes actividades antropogénicas como los incendios forestales lo cual ha llevado a la pérdida de diferentes ecosistemas forestales que son sumideros importantes para la captura y almacenamiento de carbono. En base a la importancia del carbono orgánico y su susceptibilidad al cambio climático, surge la necesidad de darle un manejo que evita los incendios forestales catastróficos y reduce las emisiones de CO<sub>2</sub>. Las quemas prescritas son uno de los manejos alternativos donde el fuego es controlado. Sin embargo, su efecto en el almacenamiento de C no se ha estudiado mucho en México. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la quema prescrita en el almacenamiento de carbono en biomasa y suelo en ecosistemas forestales de coníferas-latifoliadas. Se realizaron 21 sitios de muestreos en Chiapas; se analizó el contenido de carbono en biomasa aérea, combustible forestal y carbono orgánico del suelo a diferentes profundidades. Los datos se analizaron primeramente verificando la normalidad, para homogenizar las muestras se realizó una transformación logarítmica para posteriormente utilizar la prueba de ANOVA con Tukey p<0.05. Los resultados demostraron que el almacenamiento de carbono en suelo varía significativamente entre tipos de quemas y profundidades. Para biomasa aérea, material leñoso caído y materia orgánica sobre el suelo no en existieron diferencias significativas. Los resultados de este estudio tienen implicaciones importantes en el uso de quemas prescritas para el control de incendios forestales catastróficos.

**Palabras clave:** *sumidero de carbono; bosque de coníferas-latifoliadas; biomasa aérea; carbono orgánico del suelo; incendios forestales; material leñoso caído.*

## 7.4. Inventario de biomasa y carbono del sistema radicular en un bosque templado de Guerrero, México

Navarro-Martínez José<sup>1</sup>; López-López Miguel A.<sup>2</sup>; Rosas-Acevedo José L.<sup>3</sup>; Godínez-Jaimes Flaviano<sup>4</sup>; Reyes-Umaña Maximino<sup>3</sup> y Juárez-López Ana L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Brigada de Educación para el Desarrollo Rural (BEDR) No. 37 de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM). Avenida Politécnico s/n, Tres Palos, Acapulco de Juárez, Guerrero, México. C.P. 39905.

<sup>2</sup>Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km.36.5 CP 56230.

<sup>3</sup>Centro de Ciencias de Desarrollo Regional (CCDR) de la UAGro. Privada del Laurel No. 13, Col. El Roble. C.P. 39640. Acapulco de Juárez, Guerrero, México.

<sup>4</sup>Facultad de Matemáticas de la UAGro. Av. Lázaro Cárdenas S/N, Cd. Universitaria Sur, Chilpancingo, Gro. C.P. 39087

Autor para correspondencia: jnavarromtz@yahoo.com.mx

### Resumen

El sistema radicular en los bosques puede representar hasta el 30% respecto a la biomasa aérea de un ecosistema forestal, sin embargo, es un compartimento poco estudiado. Con el objetivo de determinar el reservorio de biomasa y carbono promedio del ecosistema de bosque templado en la microcuenca del río Hueyapa, se realizó un muestreo de 105 unidades primarias de muestreo (UPM) bajo la metodología del Inventario Nacional Forestal y de Suelos. En la unidad secundaria de muestreo (USM) uno, se obtuvo una muestra del sistema radicular en un volumen de 0.027 m<sup>3</sup>. Las raíces obtenidas se dividieron en finas y gruesas, sin discriminar entre vivas y muertas, considerando además el sistema radicular del sotobosque. La biomasa estimada promedio para el ecosistema bosque templado de la microcuenca del río Hueyapa fue de 17.15±2.93 Mg ha<sup>-1</sup> equivalente a 8.62±1.48 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono. El estrato pino encino (P-Q) fue superior al estrato encino (Q) en aproximadamente 2.99 Mg ha<sup>-1</sup> y 1.84 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa y carbono, respectivamente; en promedio, la biomasa y carbono de raíces gruesas es superior en 2.7 veces con respecto a las raíces finas. El reservorio global de biomasa en las 2,761.9 ha del bosque templado se estimó en 47 145.2 ± 8053.1 y el carbono en 23 688.0± 4067.3 Mg. Esta metodología estimó la biomasa radicular del bosque en estudio en los rangos reportados con otros procedimientos para los bosques de México.

**Palabras clave:** *reservorio de carbono; raíces gruesas; raíces finas; microcuenca río Hueyapa.*

## 7.5. Impacto del escarabajo descortezador en la captura y almacenamiento de carbono arbóreo en bosques de Oaxaca, México

Pacheco-Aquino Guadalupe<sup>1</sup>; Duran Elvira<sup>1</sup> y Ordoñez-Díaz J. A. B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional C. Hornos 1003, CP 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

<sup>2</sup>Servicios Ambientales y Cambio Climático SACC, A.C.  
Autor para correspondencia: gpachecoaquino@gmail.com

### Resumen

Los ecosistemas vegetales son clave para mitigar el cambio climático y regular el balance de carbono. Las plagas de escarabajo descortezador tienen una incidencia creciente y modifican la funcionalidad y estructura de los bosques. El presente estudio evaluó el impacto del escarabajo descortezador en la biomasa forestal, la captura y almacenamiento de carbono y dióxido de carbono (CO<sub>2e</sub>) en la misma. Para ello, se trabajó a dos escalas: una a nivel del estado de Oaxaca, a partir de la estimación de los volúmenes removidos por el saneamiento para el periodo comprendido del 2009 al 2019. La otra fue a nivel local, en la comunidad de Pueblos Mancomunados, donde se midieron los árboles residuales en 39 parcelas de 500 m<sup>2</sup>. Se encontró que, en un periodo de 10 años, estas plagas afectaron alrededor de 2 millones de m<sup>3</sup> de madera, que representan un promedio anual de 188 320 MgC. A nivel local se encontró que previo al disturbio por plagas, la mayor cantidad de carbono estaba contenida en especies del género *Pinus*, la mayor remoción por acción de saneamiento fue en *Pinus patula*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus rudis*. La mayor cantidad de carbono residual se encuentra en especies del género *Quercus*. Se concluye que, la sanidad forestal debe ser una actividad prioritaria en la mitigación del cambio climático, debido a que las plagas forestales pueden disminuir almacenes de carbono, el potencial de captura y representar emisiones de CO<sub>2e</sub> a la atmósfera.

**Palabras clave:** *cambio climático; emisiones de CO<sub>2e</sub>; dinámica de carbono; saneamiento forestal.*

## 7.6. Almacén de carbono en el suelo de plantaciones forestales de pino en la cuenca Amanalco-Valle de Bravo, Estado de México

García-Martínez R.<sup>1</sup>; Hernández-Soto F. N.<sup>1</sup>; García-Urbina J.<sup>1</sup>; de la Cruz-Santiago M.<sup>1</sup>; Emeterio-Moreno J.<sup>1</sup> y Colín-Velázquez, M. K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Ingeniería Forestal, Tecnológico de Estudios Superiores de 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: rene.garcia.martinez@hotmail.com

### Resumen

Entre los componentes de los ecosistemas terrestres, el suelo tiene la capacidad de almacenar cantidades considerables de carbono orgánico (COS). El objetivo de esta investigación fue determinar la cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo de cuatro plantaciones de pino en la cuenca Amanalco-Valle de Bravo. Las localidades estudiadas fueron: Rincón de Guadalupe (*P. ayacahuite*), Lomas del Rincón de Guadalupe (*P. pseudostrobus*), San Miguel Tenex-tepec (*P. patula*) y El Potrero (*P. patula*). Para ello, se recolectó, en cada plantación, una muestra compuesta de suelo a una profundidad de 0-30 cm. El análisis químico del suelo incluyó las variables: pH, materia orgánica (MO) y carbono orgánico (COS). El rango obtenido de pH fue de 6.2 a 6.7. La plantación del Rincón de Guadalupe (*Pinus ayacahuite*) presentó el menor contenido de MO (4.5%) y COS (2.6%) mientras que los valores máximos se encontraron en El Potrero (6.2% MO y 3.5% de CO). La cantidad calculada de COS almacenado en cada plantación fue: Rincón de Guadalupe (70.2 Mg ha<sup>-1</sup>), Loma del Rincón de Guadalupe (81 Mg ha<sup>-1</sup>), San Miguel Tenex-tepec (94.5 Mg ha<sup>-1</sup>) y El Potrero (97.2 Mg ha<sup>-1</sup>). Estos son los primeros datos que se generan en la región de estudio y servirán de referencia para la evaluación de los servicios ambientales que brindan las plantaciones forestales en la cuenca hidrográfica.

**Palabras clave:** *suelos forestales; servicios ambientales; cambio climático; carbono orgánico del suelo.*

## 7.7. Almacén de Carbono Orgánico en suelos forestales restaurados de Ixtacamaxtitlán, Puebla, México

Arroyo-Ortega, Itzel<sup>1</sup>; Castelán-Vega Rosalía<sup>1</sup>; Tamaríz-Flores Victor.<sup>1</sup>; Torres-Ramírez Eduardo<sup>1</sup>; Handal-Silva Anabella<sup>1</sup>; Chávez-Bravo Edith<sup>1</sup> y Cervantes-Gutiérrez Virginia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Prol. 14 sur 6301, Cd Universitaria, 72592. Puebla, México.

<sup>2</sup>Departamento: El hombre y su ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Ciudad de México, México.

Autor para correspondencia: itzel.arroyoo@alumno.buap.mx

### Resumen

El suelo es considerado uno de los reservorios terrestres de carbono más importantes; sin embargo, los procesos de degradación en este recurso debido al inadecuado manejo han promovido su disminución. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el almacén de Carbono Orgánico en Suelos (COS) de zonas forestales con diferentes tiempos de restauración. Para ello se definieron 6 sitios de muestreo; cuatro sitios con tiempos de restauración de 5, 10 y 20 años, mediante la implementación de obras de protección, conservación de suelos y reforestación con especies nativas de pino (*Pinus patula*). Un sitio deforestado con obras de protección y conservación de suelos (5 años) sin reforestación y finalmente, un sitio deforestado sin intervención. Se estimó el contenido de COS en tres puntos por zona (N=18) a una profundidad de 30 cm, el C se determinó por medio del método de Walkley y Black. Los resultados muestran variación de COS en los sitios de muestreo. La zona con 20 años de restauración presenta una concentración aproximada de  $118.58 \pm 42.60 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$ . En dos zonas con 10 años, los contenidos fueron de  $47.52 \pm 9.92$  y  $69.19 \pm 20.80 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$ . En la zona con restauración de 5 años, la concentración fue de  $41.15 \pm 30.40 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$  y en la zona con obras de protección y conservación de suelos el contenido fue de  $36.69 \pm 11.59 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Comparando estas concentraciones de COS con los de la zona deforestada ( $15.85 \pm 4.65 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) se observa que las acciones de recuperación han permitido un incremento paulatino de COS después de 5 años de intervención.

**Palabras clave:** *materia orgánica; reforestación; obras de protección y conservación de suelos.*

## 7.8. Estimación de reservas de carbono en suelo mediante información radar de Sentinel en Huatusco, Veracruz

**Bautista-Calderon Eva A.**<sup>1\*</sup>; Cajuste-Bontemps Lenom<sup>1</sup>; Ojeda-Trajo Enrique<sup>1</sup>; Ortiz-Solorio Carlos A.<sup>1</sup>; Gutiérrez-Castorena Edgar V.<sup>2</sup> y Saynes-Santillán Vinisa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Postgrado en Edafología, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Calle Francisco Villa S/N, Ex Hacienda el Canadá. General Escobedo, N.L., México.

\*Autor para correspondencia: aurora.bauca126@gmail.com

### Resumen

El potencial que presentan los sistemas agroforestales de café en la captura de carbono (C) para mitigar los efectos del cambio climático es significativo. Una de las principales características de estos sistemas son las múltiples especies de plantas que conviven de manera simultánea entre ellos. El objetivo general de este estudio es determinar el contenido de C almacenado en el suelo en diferentes sistemas agroforestales de café en la región cafetalera del municipio de Huatusco, Veracruz utilizando información de campo e información espacial de tipo Radar. Los resultados obtenidos indican que el sistema con mayor contenido de carbono orgánico en suelo (COS) fue el policultivo comercial con 82 964.40 Mg, seguido del monocultivo especializado con 81 076.40 Mg y finalmente el policultivo tradicional con 40 023.98 Mg.

**Palabras clave:** *captura de carbono; cambio climático; sistemas agroforestales de café; radar.*

## 7.9. Efecto del fuego sobre las propiedades de los suelos agrícolas y los stocks de carbono en el sur de Quintana Roo

**Fragoso-Servón Patricia<sup>1</sup>**; Pereira-Corona Alberto<sup>1</sup>; Prezas-Hernández Benito<sup>1</sup>; Navarro-Sánchez Ana Laura<sup>1</sup> y Cawich Giannie Z.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Recursos Naturales. Universidad de Quintana Roo, Boulevard Bahía s/n esq. Ignacio Comonfort, colonia Del Bosque. CP 77019 Chetumal, Quintana Roo  
Autor para correspondencia: pfragoso2012@gmail.com

### Resumen

Existe una gran controversia dentro de las prácticas de cultivo tradicionales que realizan una o dos quemas. La mayor parte de las investigaciones sobre el efecto que tiene la quema en los cultivos van dirigidas hacia 3 aspectos: el efecto sobre los microorganismos del suelo, la pérdida de la materia orgánica, la contaminación del aire y los efectos en la salud. El proceso de combustión durante la quema de vegetación contribuye a reducir la materia orgánica, fuente importante de nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio entre otros. Nutrientes que son incorporados principalmente a través del uso de fertilizantes. La dinámica de los suelos kársticos es un poco diferente a otros suelos ya que los altos contenidos de calcio interfieren tanto en la dinámica de las propiedades físicas y químicas. Al analizar las propiedades físicas y químicas en los primeros 20 cm de profundidad en un suelo Gleysol antes y después de la quema bajo cultivo de caña de azúcar en la zona kárstica del sur de Quintana Roo se encontraron cambios en la textura y diferencias significativas en las concentraciones de fósforo, pH y en menor proporción sodio y calcio. El contenido de carbono orgánico varió poco. La quema en estos suelos no permite el aumento de nutrientes a excepción del fósforo y afecta la textura.

**Palabras clave:** *quema agrícola; karst; carbono; fósforo.*

## 7.10. Efecto de las quemas prescritas en los flujos de carbono del suelo, en los Llanos de Ojuelos Jalisco, Jalisco

**Delgado-Balbuena Josué<sup>1</sup>**; De la Cruz-Domínguez Juan Carlos<sup>2</sup>; Alfaro-Reyna Teresa<sup>1</sup> y Luna-Luna Miguel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar. Km. 8.5 carretera Ojuelos de Jalisco-Lagos de Moreno, Jalisco.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento es División de Ciencias Forestales, Texcoco, Estado de México.

Autor para correspondencia: delgado.josue@inifap.gob.mx

### Resumen

El cambio climático es un problema ambiental que afecta a la humanidad. La composición de la atmósfera está siendo modificada por la quema de combustibles fósiles provocando un aumento en la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera. Actividades como los incendios forestales liberan grandes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmosfera; sin embargo, existe poca información sobre los efectos de la temporada, frecuencia e intensidad del fuego en los pastizales del Desierto Chihuahuense. Por esta razón se planteó el objetivo de evaluar el efecto de las quemas prescritas en los flujos de carbono del suelo en un pastizal semiárido. Se realizaron quemas prescritas sobre un pastizal inducido, además se simularon tres intensidades de fuego en un pastizal natural. En ambos sitios se colocaron cámaras de respiración para monitorear la respiración del suelo a lo largo del tiempo. Como resultados preliminares se observaron tasas de respiración menores a 0.5 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> antes y después de los tratamientos de quema. El aumento de temperatura del suelo por efecto de la quema no estimuló la respiración, mientras que la precipitación incrementó las tasas de respiración en más de 400%. Los tratamientos de quema no indujeron cambios inmediatos en la respiración del suelo; sin embargo, será necesario analizar los efectos de este a largo plazo.

**Palabras clave:** *ecología del fuego; cambio climático; gases de efecto invernadero.*

## 7.11. Línea base del carbono orgánico del suelo en los bosques del estado de Durango

Vargas-Larreta Benedicto<sup>1</sup>; López-Martínez Jorge O.<sup>2</sup>; Aguirre-Calderón Cristóbal G.<sup>1</sup>; Aguirre-Calderón Carlos E.<sup>1</sup> y Cueto-Wong José A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de El Salto. Tecnológico 101, 34942 El Salto, Durango, México.

<sup>2</sup>Cátedra CONACYT. El Colegio de la Frontera Sur. 77014, Chetumal, Quintana Roo, México.

<sup>3</sup>Campo Experimental La Laguna. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Autor para correspondencia: bvargas@itelsalto.edu.mx

### Resumen

El objetivo de este estudio fue establecer la línea base del Carbono Orgánico del Suelo (COS) en los bosques de Durango. Los datos de COS se obtuvieron de 399 sitios permanentes que cubren los principales tipos de bosque del Estado. Se obtuvieron muestras de hojarasca, horizonte de fermentación y de las capas de suelo mineral de 0-30 y 30-60 cm de profundidad. Las proporciones de carbono se determinaron en un analizador elemental (Flash 2000 NC Soil Analyzer). Para la elaboración del mapa estatal de COS se utilizaron imágenes de satélite del sensor LANDSAT 8 OLI. El contenido promedio de COS en la capa de 0-30 cm fue 112.26 ( $\pm 74.14$  Mg ha<sup>-1</sup>) y los almacenes promedio de C total (C en hojarasca, horizonte de fermentación y COS 0-30 y 30-60 cm) alcanzaron los 171.41 Mg ha<sup>-1</sup>, con un intervalo entre 160.61 y 182.22 Mg ha<sup>-1</sup>. La mayor reserva de COS se encontró en el bosque de pino en la capa de suelo de 0-30 cm (122.0 Mg ha<sup>-1</sup>), mientras que los almacenes más bajos se encontraron en el bosque de encino-pino (101.3 Mg ha<sup>-1</sup>). Los suelos del sur del estado tienen los menores almacenes de COS, mientras que los valores máximos se localizan en la parte norte.

**Palabras clave:** *COS; dióxido de carbono; GEI; materia orgánica.*

## 7.12. Servicios ecosistémicos aportados de los recursos forestales en ejido Ojo de Agua de los Montes, Tepezalá, Aguascalientes

Torres-González Jorge A<sup>1</sup>; López-Santos Armando<sup>2</sup>; Díaz-Romo Abraham<sup>1</sup> y Meraz-Jiménez Antonio de Jesús<sup>1</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: [jesus.meraz@edu.uaa.mx](mailto:jesus.meraz@edu.uaa.mx)

### Resumen

Las poblaciones rurales dependen del suministro de servicios ecosistémicos como alimentos, combustible, biomasa para el pastoreo, madera y medicinas. Además, las zonas rurales son los más vulnerables a los daños de los ecosistemas, como la infestación de plagas o las inundaciones, y a las pérdidas de los ecosistemas, como la disminución de los recursos forestales. El trabajo se desarrolló en la zona árida, en el ejido Ojo de Agua de los Montes, municipio de Tepezalá con el objetivo de analizar las especies vegetales y conocer sus aportes de servicios ecosistémicos para dar a conocer a los ejidatarios la importancia de su cuidado y manejo. Se hizo un muestreo de vegetación mediante un sistema aleatorio, para conocer la cobertura de las principales especies presentes en el ejido y su aportación que tienen para los servicios ecosistémicos. Las especies ampliamente distribuidas corresponden a los géneros *Prosopis*, *Opuntia* y *Jatropha*. Los servicios ecosistémicos por parte de *Prosopis laevigata*, se dividen en tres: provisión, regulación y cultural, dentro del primero se tiene: alimento, leña, en lo segundo están: purificación del agua, polinización, por último, se encuentran los espirituales y religiosos. En total se identificaron 20 especies dominantes en el área de estudio que pudieran ser aprovechadas en un correcto manejo. Este estudio busca que la comunidad rural conozca de la importancia de las especies vegetales presentes en su área y los diversos servicios ecosistémicos que de manera directa o indirecta ellos reciben.

**Palabras clave:** *población rural; ecosistemas; zona árida.*

## 7.13. Almacén de carbono del bosque tropical seco en respuesta a gradientes de temperatura y precipitación

Flores-García Ana L.<sup>1</sup>; Flores-Lugo Juliana A.<sup>1</sup>; Ramos-Cota Karina A.<sup>1</sup>; Álvarez-Yépiz Juan C.<sup>1</sup>; Yepez Enrico A.<sup>1</sup> y Sánchez-Mejía Zulia M.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México.

\*Autor para correspondencia: zulia.sanchez@itson.edu.mx

### Resumen

En México el bosque tropical seco (BTS) se distribuye en mayor o menor porcentaje en las 7 regiones de operación de la comisión nacional forestal (CONAFOR). Este ecosistema se caracteriza por distribuirse en regiones de clima cálido y dominado por especies leñosas que pierden sus hojas en la época seca del año. Los servicios ecosistémicos que provee el BTS van desde biodiversidad hasta su capacidad de mitigar el CO<sub>2</sub> a través de su almacén en biomasa (aérea y subterránea) y suelo, lo que los resalta como una solución natural climática basada en ecosistemas. En este estudio diferenciamos el almacén de carbono total (aérea+subterránea) entre las 7 regiones de CONAFOR y evaluamos cómo responde dicho almacén a los gradientes de temperatura y precipitación en base a su ubicación. Los datos empleados en este estudio provienen del Inventario Nacional Forestal de CONAFOR, publicados por Arasa-Gisbert *et al.* (2018), geoportal de CONABIO y estaciones meteorológicas de CLICOM. La región 3 y 7 cuentan con el mayor almacén de C  $38 \pm 20$  Mg C/ha y  $35 \pm 20$  Mg C/ha, respectivamente. En base a los datos analizados la precipitación limita más que la temperatura dicho almacén total de C. Conocer la variabilidad espacial del C almacenado es importante al generar programas y estrategias de uso, manejo y conservación, y futuros análisis deberían contemplar variables relacionada.

**Palabras clave:** *soluciones naturales basadas en ecosistemas; biomasa; selva baja caducifolia.*

## 7.14. Modelación del carbono orgánico en suelos del Parque Nacional Malinche

Linares-Fleites Gladys<sup>1</sup>; Mena-Cuero Daniel F<sup>1</sup> y Valera-Pérez Miguel A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Posgrado de Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 4 Sur No. 104, Colonia Centro, C.P. 72000, Puebla, México.  
Autor para correspondencia: gladys.linares@correo.buap.mx

### Resumen

El cambio climático constituye uno de los problemas globales más importantes de la actualidad, especialmente cuando es producido por la acción de los gases de efecto invernadero, en particular, el dióxido de carbono. Desde finales del siglo XIX, la geomática se presenta como una herramienta útil para obtener información de los recursos naturales sin tener contacto directo con ellos, por tal razón, en este trabajo se planteó el objetivo de modelar el porcentaje de carbono orgánico en suelo a partir de la matriz de píxeles obtenida de la imagen satelital del Parque Nacional La Malinche del año 2004. Se encontró que existe relación entre el porcentaje de carbono orgánico del suelo y la matriz de píxeles, a partir un modelo factorial que permite reducir la dimensión y, además, definir un modelo lineal donde se obtiene información relacionada a los contenidos de carbono en los suelos de forma rápida, económica y práctica. La cuantificación de la cantidad de carbono orgánico existente, a través de un modelo, es importante para acceder al Mercado Internacional de Servicios Ambientales de Captura de Carbono.

**Palabras clave:** *cambio climático; imágenes satelitales; modelo factorial.*

## 7.15. ¿El cambio de pastizal a matorral aumenta el secuestro de carbono en los desiertos mexicanos?

Flores-Martínez Arturo<sup>1</sup>; Hernández-Guerrero Angélica<sup>2,3</sup> y Briones Oscar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Carpio y Plan de Ayala. Casco de Santo Tomás. C.P. 11340 CDMX. México.

<sup>2</sup>Dirección General de Estadística e Información Ambiental. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ejército Nacional No. 223, Colonia Anáhuac, Delegación Miguel Hidalgo, C.P. 11320, CDMX.

<sup>3</sup>Instituto de Biología, Departamento de Zoología, Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad No. 3000, Copilco Universidad, Coyoacán, C.P. 04510, CDMX, México.

<sup>4</sup>Instituto de Ecología, A.C., Red de Biología Evolutiva, Carretera antigua a Coatepec No. 351, El Haya, C.P. 91073, Xalapa, Veracruz, México.

Autor para correspondencia: oscar.briones@inecol.mx

### Resumen

Los ecosistemas afectan los flujos de carbono en el planeta debido a que son emisores o secuestradores de CO<sub>2</sub>. Cambios en el uso de suelo y la deforestación han alterado el balance de carbono de los ecosistemas. Se ha propuesto que la invasión de elementos leñosos incrementa el secuestro de carbono en los pastizales desérticos; sin embargo, la evidencia es escasa y no concluyente. Utilizando información cartográfica existente se cuantificó el cambio en superficie que han sufrido los pastizales desérticos, así como una estimación gruesa del cambio en el carbono almacenado en la biomasa debido a la sustitución de los pastizales por matorrales en México. Encontramos que la superficie original de los pastizales se ha reducido prácticamente a la mitad (de 18.1 a casi 8.5 millones de ha en 2016) y que el principal cambio ha sido hacia actividades agrícolas; sin embargo, cerca de 20% (3.4 millones de ha) transitó a matorrales de diversos tipos. Contrario a lo esperado, la transformación de los pastizales desérticos a matorrales ha ocasionado la pérdida de aproximadamente 8.8 millones de Mg de carbono en la biomasa.

**Palabras clave:** *invasión arbustiva; cambio de uso de suelo; flujo de carbono; zonas áridas; México.*

## 7.16. Controles de la respiración del suelo en un ecosistema de matorral xerófilo y parcelas agrícolas

Guillén-Cruz Gabriela<sup>1</sup> y Flores-Rentería Dulce<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (SRNyE-CINVESTAV), Av. Industria Metalúrgica 1062, Parque Industrial Ramos Arizpe Ramos Arizpe, C.P. 25900, Coahuila, México.

<sup>2</sup>CONACyT -Grupo de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (SRNyE-CINVESTAV), Av. Industria Metalúrgica 1062, Parque Industrial Ramos Arizpe Ramos Arizpe, C.P. 25900, Coahuila, México.

Autor para correspondencia: yaahid@gmail.com

### Resumen

Los suelos representan uno de los principales flujos de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por medio de la respiración del suelo (R<sub>S</sub>). La R<sub>S</sub> varía de acuerdo con factores ambientales, antropogénicos, de entre estos, la temperatura y humedad del suelo son considerados los más importantes; sin embargo, el grado en que los factores influyen en la R<sub>S</sub> pueden variar de manera estacional y por uso de suelo. Con el objetivo de estudiar los controles de la R<sub>S</sub> en ecosistemas naturales y agrícolas de regiones áridas se seleccionaron cuatro sitios por uso de suelo y se monitorearon cada dos meses durante dos años. Se midió la R<sub>S</sub>, humedad (Hs) y temperatura del suelo (Ts), temperatura ambiental (Ta), humedad relativa (Hr), radiación fotosintéticamente activa (PAR) y el índice de vegetación mejorado (EVI). La identificación del grado de control para cada variable se determinó con modelos de ecuaciones estructurales (SEM). Los SEMs explicaron una alta proporción de varianza de la R<sub>S</sub> para ambas temporadas y en ambos usos de suelo. Se observó que el PAR, Hr y Hs están controlando la R<sub>S</sub> en los ecosistemas naturales independientemente de la temporada y en las parcelas agrícolas en la temporada de lluvias, ejerciendo la Hs el principal control. Sin embargo, en la temporada seca para las parcelas agrícolas, también está influyendo la Ts sobre la R<sub>S</sub>. Se puede concluir que la disponibilidad de agua en el suelo está controlando la R<sub>S</sub>, tanto en ecosistemas naturales como agrícolas en la región árida del sureste de Coahuila.

**Palabras clave:** *ecosistemas aridos; temporada secas y lluvias; humedad del suelo; actividad microbiana.*

## 7.17. Efecto del crecimiento urbano sobre los reservorios de carbono orgánico en bosques periurbanos

Miquelajauregui Yosune<sup>1</sup>; Rivera-Mondragón Emily<sup>2</sup> y Santini Nadia S.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04500, Ciudad de Mexico, Mexico.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04500, Ciudad de Mexico, Mexico.

<sup>3</sup>Instituto de Ecología, UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04500, Ciudad de Mexico, Mexico.

<sup>4</sup>Cátedra Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Av. Insurgentes Sur 1582, Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México, Mexico.

Autor para correspondencia: yosune@ieecologia.unam.mx

### Resumen

Los bosques periurbanos proveen importantes servicios ecosistémicos incluyendo el secuestro y almacén de carbono orgánico, la fertilidad del suelo y la biodiversidad. La conservación y manejo de los bosques periurbanos representa una oportunidad para mantener los servicios ambientales y el bienestar humano dentro de las ciudades. El crecimiento urbano ha derivado en la pérdida de cobertura forestal lo que ha resultado en reducciones significativas de carbono orgánico almacenado en distintos reservorios, incluyendo el suelo. Son extensos los estudios que demuestran una relación directa entre el crecimiento urbano y la pérdida de carbono, sin embargo, existe poca evidencia en cómo el crecimiento urbano futuro podría alterar la dinámica de carbono en los bosques periurbanos. En este estudio, evaluamos el impacto de un escenario de crecimiento urbano futuro sobre los reservorios de carbono orgánico en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México. Para llevar a cabo este estudio, implementamos un esquema de modelación que acopla un modelo espacial basado en autómatas celulares - SLEUTH – con el modelo espacialmente explícito InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs model). Utilizamos SLEUTH para generar el escenario de crecimiento urbano para el Suelo de Conservación proyectados al 2060. Este escenario prioriza el desarrollo de proyectos inmobiliarios, de infraestructura y de actividades económicas en zonas de alto valor ecológico. La salida de SLEUTH se utilizó como insumo en InVEST para cuantificar y mapear el carbono orgánico bajo el escenario de crecimiento urbano. Los resultados de este estudio podrían utilizarse para identificar, priorizar y monitorear áreas con alteraciones más importantes en cuanto a la provisión de este servicio ecosistémico.

**Palabras clave:** *modelación; carbono orgánico; crecimiento urbano; servicios ecosistémicos; resiliencia.*

## 7.18. Evaluación del daño en especies arbustivas por quemas prescritas, en los Llanos de Ojuelos, Jalisco

Díaz-Chavero Eleazar<sup>1</sup>; Alfaro-Reyna Teresa<sup>2</sup>; Delgado-Balbuena Josué<sup>2</sup> y Luna-Luna Miguel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento es División de Ciencias Forestales, Texcoco, Estado de México.

<sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar. Km. 8.5 carretera Ojuelos de Jalisco-Lagos de Moreno, Jalisco.  
Autor para correspondencia: teresaalfaroreyna@gmail.com

### Resumen

En los últimos años gran parte del Desierto Chihuahuense ha sufrido cambios de un ecosistema de pastizal a sistemas con presencia de arbustos; debido a la interacción de los factores climáticos y antrópicos. Estos cambios afectan la dinámica natural del pastizal. La invasión de arbustos representa un problema ecológico, económico y social. Se evaluó los daños ocasionados por el fuego en las especies arbustivas en los Llanos de Ojuelos, Jalisco. Se aplicaron dos tratamientos que consistieron en una quema focalizada o “head fire”, y una quema de corona. Se midieron todos los arbustos presentes en fajas de 20 m de ancho cada 100 m, se registró el diámetro altura total, altura a la primera rama, ancho de copa, forma de copa, número de ramas, mortandad, rebrotes y porcentaje de daño. se realizaron arboles de regresión con remuestreo (boostrapping) para identificar las variables con mayor influencia en el grado de afectación de las especies arbustivas. Los individuos con mayor porcentaje de daño fueron los que presentaron un ancho de copa entre 1 y 3 m de ancho, con una altura entre 0 y 1.5 m, el diámetro, altura a la primera rama y número de ramas, no influyo significativamente en el grado de daño. El fuego afecta principalmente a los arbustos menores de 2 m de altura, en árboles mayores el fuego causa poco o nulo daño.

**Palabras clave:** *quemas prescritas; arbustos; especies invasoras.*

## 7.19. Carbono atmosférico fijado en el suelo en los sistemas morfogenéticos de la Sierra Chichinautzin, Centro de México

Rodríguez-Gamiño Lourdes<sup>1</sup>; López-Blanco Jorge<sup>2</sup> y Vela-Correa Gilberto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Geografía, FFyL, UNAM. Universidad 3000, Circuito Exterior S/N, Cd. Universitaria, Coyoacán, 04510, CDMX.

<sup>2</sup>Global Change Consulting. Barquera 13-B509, Merced Gómez, Benito Juárez, 03930, 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 determinaron los valores y niveles de carbono atmosférico fijado en el suelo en los sistemas morfogenéticos que corresponden a la Sierra Chichinautzin, en el Centro de México. Mediante criterios geomorfológicos de origen, tipo, litología y cronología, se delimitaron 30 sistemas morfogenéticos (SMG). Se tomaron 111 muestras superficiales (0-30 cm) de suelo a las cuales se les realizaron los análisis químicos correspondientes para obtener sus valores de carbono orgánico. El carbono orgánico en suelos (COS) se calculó con base en la ecuación:  $COS = CO(Da)(Ps)(Sup)$ . La distribución espacial de valores de COS en cada SMG se expresó en dos mapas: 1. Mapa de valores interpolados de COS considerando a los 111 sitios de muestreo de suelo y 2. Mapa de intervalos de valores de  $CO_2$  atmosférico fijado en suelo (>200-223, >150-200, >100-150, >050-100 y 018-050,  $Mg\ ha^{-1}$ ) y su nivel de concentración (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, respectivamente). Los niveles que predominan en el área son el medio y bajo. El nivel medio de COS fue predominante en los SMG S02, S21, S26, S14 y S09. El nivel bajo de COS predominó en los SMG: S07, S04 S20, S01 y S06. La distribución del carbono orgánico en el suelo está influenciada por los factores biofísicos del paisaje, como las condiciones geológicas, climáticas, de relieve, tipos de vegetación y usos del suelo. Por los datos obtenidos, se puede considerar que la Sierra Chichinautzin es un reservorio muy importante de  $CO_2$  atmosférico fijado en suelo, por lo que es importante llevar a cabo programas para su conservación y preservación.

**Palabras clave:** *carbono orgánico; sistemas morfogenéticas; clases de relieve; Sierra Chichinautzin.*

## 7.20. Carbono en Suelo, en Dos Sitios de Sucesión Ecológica del Bosque Tropical Seco de Álamos, Sonora

Reyes-Hernández Mayte F.<sup>1</sup>; Rivera-Díaz Miguel A.<sup>1</sup>; Rojas-Robles Nidia<sup>1</sup>; Sánchez-Mejía Zulia<sup>1</sup>; Garatuza-Payán Jaime<sup>1,2</sup> y Yépez Enrico A.<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México.

<sup>2</sup>Sede Regional Sur de Sonora, Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM-UNAM), Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México.

\*Autor para correspondencia: enrico.yepetz@itson.edu.mx

### Resumen

Los bosques tropicales secos son ecosistemas tropicales representativos de México, pero estos se encuentran altamente amenazados por las actividades antropogénicas. Es por ello que entender el efecto de estas actividades en el funcionamiento de estos bosques se vuelve complicado. Una de las características que nos ayuda a conocer los cambios que pueden presentarse en estos ecosistemas, son las variaciones del almacenamiento de carbono en el suelo, y cómo estas podrían cambiar en función de la estructura de la vegetación, la topografía y el clima de una región. El objetivo de este trabajo es hacer una comparación del contenido de carbono en el suelo mineral somero (% de C en 30 cm) y evaluar la posible influencia de la vegetación en este parámetro en 45 sitios con dos distintos estados sucesionales (Maduro y secundario) en el bosque tropical seco al sureste del estado de Sonora. Notablemente los atributos estructurales de la vegetación parecen tener una influencia importante en el %C en el suelo del bosque secundario, ya que obtuvimos una correlación positiva y significativa entre la densidad de la vegetación y el área basal, la cual podría estar relacionada con el rápido proceso de establecimiento y crecimiento de la vegetación secundaria después de una perturbación. Por otro lado, se observó que el %C en el bosque maduro no muestra ninguna influencia importante en nuestro análisis, lo que podría sugerir que el %C en el bosque maduro depende más de la acumulación crónica de C debido a la ausencia de perturbaciones que a la influencia de una vegetación en desarrollo.

**Palabras clave:** *biogeociencias; selva baja; monitoreo; flash combustión.*

## 7.21. Dinámica de la producción de hojarasca en dos sitios de bosque tropical seco con diferente estado de sucesión ecológica en el noroeste de México

Vásquez-Martínez A. S.<sup>1</sup>; Vargas-Terminel M. L.<sup>1</sup>; Álvarez-Yépez J. C.<sup>1</sup>; Sánchez-Mejía Z. M.<sup>1</sup>; Garatuza-Payan J.<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, 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México.

\*Autor para correspondencia: enrico.yepez@itson.edu.mx

### Resumen

La producción de hojarasca juega un papel fundamental en la dinámica y función de los ecosistemas de los bosques tropicales secos (BTS), siendo una importante expresión de la productividad primaria. El objetivo del presente trabajo fue analizar la dinámica temporal y espacial de la producción de hojarasca en un BTS en Álamos, Sonora. Se seleccionaron dos sitios con distinto grado de sucesión ecológica: bosque maduro caracterizado por la ausencia de desmontes y pastoreo limitado; y un sitio en sucesión secundaria que fue transformado y en regeneración desde hace 40 años. Para la recolección de hojarasca, se instalaron veinte trampas de caída de hojarasca colocadas al azar para recolectar la producción mensual de hojarasca durante cinco temporadas completas de crecimiento. La producción de hojarasca anual fue similar en el bosque maduro (2.7-4.64 Mg/ha/año) comparado con el bosque secundario (2.15-3.53 Mg/ha/año) pero varió entre los años. El pico de caída de hojarasca ocurre al final de la temporada de lluvias (octubre) mientras que, los valores más bajos suceden en los meses más secos (diciembre a mayo).

**Palabras clave:** *Álamos; Sonora; producción de hojarasca; monitoreo largo plazo; productividad primaria; sucesión ecológica.*

## 7.22. Capacidad de los suelos para absorción de carbono orgánico: marco teórico general

**Paz Fernando**<sup>1</sup>; Velázquez Alma S.<sup>2</sup>; Covalada Sara<sup>3</sup>; Matus Francisco<sup>4</sup>; Hidalgo Claudia<sup>5</sup>; Báez Aurelio<sup>4</sup> y Etchevers Jorge<sup>5</sup>

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias. Campus El Cerrillo, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

<sup>3</sup>Kibeltik Clima y Medio Ambiente A.C. Calle Tlaxcala 48, Barrio Tlaxcala, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

<sup>4</sup>Laboratorio de Conservación y Dinámica de Suelos Volcánicos, Departamento de Ciencias Químicas y Recursos Naturales, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

<sup>5</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío-INIFAP, Guanajuato, México.

<sup>6</sup>Laboratorio de Fertilidad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México 56230, México.

Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

### Resumen

La modelación de la distribución del carbono orgánico del suelo (COS) se analiza usando las clases de carbono órgano-mineral y particulado. Con base a la conceptualización de uno o múltiples almacenes de cada clase del carbono, se plantean los límites entre la relación del carbono total ( $C_t$ ) y el particulado ( $C_p$ ) y se introducen dos modelos que cumplen con los límites establecidos. Adicionalmente, con el uso de la relación  $C_t$ - $C_p$  para las fracciones particuladas que se obtienen por dispersión del suelo, mediante ultrasonido, se establece un criterio objetivo para definir la saturación completa del COS. Para revisar los patrones que se plantean, los planteamientos teóricos se aplican a dos casos estudio, obteniéndose buenos resultados.

**Palabras clave:** *relación carbono total – carbono particulado; saturación de almacenes; multi-capacidad de almacenes; límites y modelos.*

## 7.23. Capacidad de los suelos para absorción de carbono orgánico: saturación potencial

**Paz Fernando**<sup>1</sup>; Velázquez Alma S.<sup>2</sup>; Covalada Sara<sup>3</sup>; Matus Francisco<sup>4</sup>; Hidalgo Claudia<sup>5</sup>; Báez Aurelio<sup>4</sup> y Etchevers Jorge<sup>5</sup>

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias. Campus El Cerrillo, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

<sup>3</sup>Kibeltik Clima y Medio Ambiente A.C. Calle Tlaxcala 48, Barrio Tlaxcala, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

<sup>4</sup>Laboratorio de Conservación y Dinámica de Suelos Volcánicos, Departamento de Ciencias Químicas y Recursos Naturales, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

<sup>5</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío-INIFAP, Guanajuato, México.

<sup>6</sup>Laboratorio de Fertilidad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México 56230, México.

Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

### Resumen

La parametrización del modelo de fraccionamiento del carbono orgánico total de los suelos requiere del conocimiento del potencial de saturación de los almacenes. Orientados al objetivo de definir y estimar el nivel de saturación del carbono orgánico de los suelos, se revisan diferentes esquemas conceptuales que se usan en la literatura, para analizar sus limitaciones. Con el uso de una base datos de fraccionamiento físico por ultrasonido de suelos mexicanos y un conjunto de valores de suelos cercanos a su saturación, se analizaron los patrones asociados a los esquemas conceptuales de saturación usados en la literatura, para clarificar su invalidez y replantear el problema de evaluación en función de la estimación de la pendiente B (0-1, donde 1 es saturación) de las fracciones particuladas, en función de la total. Las curvas iso-pendientes B planteadas permiten estimar su valor con el dato de textura y la razón entre el carbono orgánico total y el de la fracción arcilla más limo, lo que define una relación entre estos almacenes de carbono en función de la textura del suelo. Esta metodología de estimación requiere validarse con más datos para hacerla operativa.

**Palabras clave:** *textura; almacenes del carbono orgánico; partición del carbono total; pendiente B; relación carbono total/carbono arcilla más limo.*

## 7.24. Patrones de las relaciones C-N-P-S del fraccionamiento físico de los suelos

**Paz Fernando**<sup>1</sup>; Velázquez Alma S.<sup>2</sup>; Covalada Sara<sup>3</sup>; Matus Francisco<sup>4</sup>; Hidalgo Claudia<sup>5</sup>; Báez Aurelio<sup>4</sup> y Etchevers Jorge<sup>5</sup>

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias. Campus El Cerrillo, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

<sup>3</sup>Kibeltik Clima y Medio Ambiente A.C. Calle Tlaxcala 48, Barrio Tlaxcala, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

<sup>4</sup>Laboratorio de Conservación y Dinámica de Suelos Volcánicos, Departamento de Ciencias Químicas y Recursos Naturales, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

<sup>5</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío-INIFAP, Guanajuato, México.

<sup>6</sup>Laboratorio de Fertilidad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México 56230, México.

Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

### Resumen

Se analiza el acoplamiento de los constituyentes de los suelos C-N-P-S en el fraccionamiento físico por ultrasonido, con relación a los patrones del modelo COLPOS, usando diversos estudios de caso publicados en la literatura. Los resultados muestran relaciones lineales entre las pendientes del modelo COLPOS para los elementos analizados, así como para pares y tripletes de estos elementos. El parámetro de saturación de un elemento, así como pares y tripletes, presenta relaciones lineales en algunos casos y en otros se presentó dispersión en las relaciones. Los resultados presentados soportan esquemas de modelación acoplada y simplificada; aunque es necesario realizar más análisis usando datos con dispersión completa de los suelos y más puntos (fracciones físicas) en las relaciones analizadas.

**Palabras clave:** *modelo COLPOS; sonicación; relaciones lineales entre pendientes q; relaciones entre saturación de los elementos; modelación acoplada y simplificada.*

## 7.25. Modelo general de la distribución de carbono orgánico en las unidades estructurales de los suelos

Paz Fernando<sup>1</sup>; Velázquez Alma S.<sup>2</sup>; Parsa Mayra<sup>2</sup>; Covalada Sara<sup>3</sup>; Hidalgo Claudia<sup>4</sup>; Barrales Edgar<sup>4</sup>; Báez Aurelio<sup>5</sup> y Etchevers Jorge<sup>4</sup>

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias. Campus El Cerrillo, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

<sup>3</sup>Kibeltik Clima y Medio Ambiente A.C. Calle Tlaxcala 48, Barrio Tlaxcala, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

<sup>4</sup>Laboratorio de Fertilidad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México 56230, México.

<sup>5</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío-INIFAP, Guanajuato, México  
Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

### Resumen

La distribución del carbono orgánico del suelo, en función de las unidades estructurales del suelo (partículas primarias y secundarias o agregados), se ha planteado como una jerarquía que puede modelarse por una cinética de orden  $n$ , la cual se revisó para casos particulares y de modo general, definiendo un límite superior de orden  $n = 2$  cuando el suelo está totalmente dispersado (partículas primarias: arena, limo, arcilla) o el agente cementante (carbono) no está disponible para enlazar las particular del suelo. El modelo general propuesto se ajustó a datos experimentales de un suelo de bosque de pino, con infestación de muérdago, en donde se realizó un tamizado en seco para determinar la distribución de carbono en función del tamaño de los agregados. También se analizaron los datos de la dispersión de suelos usando energía de ultrasonido. Los ajustes experimentales resultaron buenos ( $R^2 > 0.99$ ). Lo anterior implica que el modelo puede ser usado en forma confiable.

**Palabras clave:** *agregados; partículas primarias; cinética de orden  $n$ ; bosque de pino; muérdago.*

## 7.26. Modelo para estimar la distribución de carbono asociado a la masa de los agregados de los suelos

Velázquez Alma S.<sup>1</sup>; Paz Fernando<sup>2</sup>; Parsa Mayra<sup>1</sup>; Covalada Sara<sup>3</sup>; Hidalgo Claudia<sup>4</sup>; Barrales Edgar<sup>4</sup>; Báez Aurelio<sup>5</sup> y Etchevers Jorge<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias. Campus El Cerrillo, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

<sup>2</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

<sup>3</sup>Kibeltik Clima y Medio Ambiente A.C. Calle Tlaxcala 48, Barrio Tlaxcala, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

<sup>4</sup>Laboratorio de Fertilidad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México 56230, México.

<sup>5</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío-INIFAP, Guanajuato, México.

Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

### Resumen

La estructura del suelo, en particular de la distribución de los agregados, es determinante ante las pérdidas y ganancias de carbono orgánico, cuando se presentan fuerzas de impacto o rompimiento, como las provocadas por la lluvia o el manejo; de tal manera que su caracterización y modelación reviste gran importancia. Generalmente, la estabilidad estructural del suelo se caracteriza en función de la distribución de la masa de los diferentes tamaños de agregados, a partir de las cuales se han construido diversos índices de estabilidad. En el presente estudio, se plantea un modelo de cinética de orden  $n$ , que relaciona el carbono orgánico total del suelo, con la distribución de la masa del mismo, para determinar la distribución del C en los diferentes tamaños de agregados. Para la validación del modelo, se utilizaron diferentes bases de datos de referencia, que contaran con contenido de carbono total y distribución de agregados en suelo. El modelo propuesto para estimar la distribución del carbono en los agregados, conociendo solo el carbono total, bajo la hipótesis de que la distribución de las masas y carbono de los agregados es igual, resultó en buenos ajustes experimentales ( $R^2 > 0.99$ ), permitiendo su uso en los casos en donde sólo se conoce el carbono total y la distribución de las masas de los agregados.

**Palabras clave:** *unidades estructurales del suelo; formación de suelo; cinética de orden n.*

## 7.27. Modelo de la descomposición del carbono orgánico en los suelos

**Paz Fernando<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.  
Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

### Resumen

La modelación del proceso de descomposición del carbono orgánico del suelo ante perturbaciones naturales o antropogénicas, es una tarea que se ha aproximado a través de modelos complejos de compartimentos múltiples de cinéticas de orden  $n$ . Estos modelos utilizan compartimentos “virtuales” (conceptuales) que resultan difíciles de definir por técnicas de laboratorio. La alternativa a este paradigma de modelación es el uso de un modelo de cinética de orden  $n$  general, de un solo compartimento. Del análisis de los patrones temporales de largo plazo en experimentos de suelo desnudo y, de argumentos de equivalencia de modelos complejos en uso a la cinética propuesta, se discuten las soluciones de la cinética de orden  $n$  y se comentan sus ventajas en las aplicaciones.

**Palabras clave:** *modelar lo medible; modelos acoplados de cinéticas de orden uno; almacenes virtuales; aproximación de suma de exponenciales; cinética de orden  $n$ .*

## 7.28. Equivalencia entre modelos de descomposición del carbono orgánico de los suelos: tasas de cambio dependientes del tiempo

Paz-Pellat Fernando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.  
Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

### Resumen

El modelo de un solo compartimento de la dinámica de la descomposición de la materia orgánica con cinética de orden  $n$  se muestra como referencia a otros enfoques. Así, se presenta un modelo de cinética de orden  $m$  para la tasa de cambio o reacción y se presentan los resultados para el caso de una cinética de orden uno del carbono (C). Asimismo, se discute un modelo empírico para la tasa de cambio, modelo cinético de orden uno de C y se revisan los resultados. En estos casos, las diferencias de los modelos implican una transformación logarítmica de las mismas estructuras matemáticas de los modelos, lo que plantea un esquema general de modelación. Adicionalmente, se analiza el caso de un modelo temporal de la tasa de cambio para una cinética de orden cero del C, que tiene tasas de cambio indeterminadas para el tiempo cero, pero al usar una función exponencial se elimina este caso. Se analiza y discute la utilidad de otras formulaciones empíricas.

**Palabras clave:** *cinética de orden  $m$ ; tasa de cambio o reacción; modelos empíricos; relaciones logarítmicas y aritméticas; modelo generalizado.*

## 7.29. Equivalencia entre modelos de descomposición del carbono orgánico de los suelos: teoría del continuo reactivo

Paz-Pellat Fernando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.  
Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

### Resumen

Partiendo del enfoque de compartimentos (tipos de materia orgánica) múltiples del carbono orgánico de los suelos (COS) y su generalización para un número infinito de compartimentos, se presenta la teoría del continuo reactivo, para definir la dinámica del COS en términos de promedios. La teoría se discute utilizando una distribución de probabilidad Gamma para las densidades iniciales del carbono orgánico, lo que genera un resultado similar al modelo de cinética de orden  $n$ . Asimismo, para la generalización de los desarrollos, se discuten las distribuciones Lévy estables positivas para definir una familia que genera todos los casos analizados en los modelos con tasas de reacción dependientes del tiempo, además de generalizarlos usando la función Mittag-Leffler.

**Palabras clave:** *infinito de sustancias de la materia orgánica; función inicial de distribución; distribución Gamma; distribuciones Lévy estables positivas; función de Mittag-Leffler.*

### 7.30. Equivalencia entre modelos de descomposición del carbono orgánico de los suelos: teoría- $q$ de la calidad

Paz-Pellat Fernando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.  
Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

#### Resumen

Se revisa y reformula la teoría- $q$  de la calidad del carbono orgánico (CO) en los suelos y mantillo, en términos del tiempo, desacoplada de la calidad del CO, para poder analizarla en un formato comparable con otros enfoques de modelación. Los resultados muestran dos soluciones generalizadas, mismas que se revisan para algunos casos particulares. Adicionalmente, se analiza la parametrización de la teoría- $q$  en función de cinéticas de orden  $n$ , simplificando su análisis y parametrización.

**Palabras clave:** *tasa de descomposición; sustrato y biomasa descomponedores; ecuación maestra estocástica; soluciones analíticas; doble términos en soluciones.*

## 7.31. Teoría general de la descomposición del carbono orgánico de los suelos y mantillo

Paz-Pellat Fernando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.  
Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

### Resumen

A partir de las soluciones de diferentes enfoques teóricos y empíricos de modelación de la dinámica de la descomposición del sustrato (suelo y mantillo) del carbono orgánico, se analizan y comparan sus soluciones para establecer un modelo general que tenga como soluciones todos los casos analizados. Los resultados muestran dos grupos: teoría- $q$  de la calidad del sustrato y cinéticas de orden  $m$  y  $n$  y, teoría del continuo reactivo y modelo empírico de la tasa de cambio  $k$ . Ambos grupos tienen una solución del otro grupo que no pueden reproducir. En lo general, el modelo de cinéticas de orden  $m$  y  $n$  reproduce los resultados de la teoría- $q$ , incluyendo los generalizados, por lo que puede usarse como sustituto de ésta; no obstante, la teoría- $q$  que requiere seis parámetros, brinda mayor ventaja en explicar las soluciones. El modelo de cinéticas  $r$  y  $n$  y el modelo del continuo reactivo para  $\alpha > 1$ , generalizan todos los modelos analizados.

**Palabras clave:** *cinética de orden  $m$  y  $n$ ; modelo empírico de  $k$ ; teoría del continuo reactivo; teoría- $q$  del sustrato; soluciones analíticas; modelo cinética orden  $r$  y  $n$ ; modelo del continuo reactivo para  $\alpha > 1$ .*

## 7.32. Modelación global de procesos de descomposición y absorción del carbono orgánico de los suelos

**Paz-Pellat Fernando<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>GRENASER, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.  
Autor para correspondencia: ferpazpel@gmail.com

### Resumen

La solución de la dinámica temporal del carbono total en procesos de cambio de uso del suelo y vegetación, requiere conocer las componentes de descomposición y absorción, las cuales generalmente no son medibles en campo. Para obtener una solución asociada a los diferentes patrones de las dinámicas observadas, se introduce el modelo de Sestak-Berggren, SB(m, n, p) y se discuten sus soluciones para su implementación operativa en la dinámica del carbono orgánico total del sustrato.

**Palabras clave:** *descomposición y absorció; patrones carbono total y componentes; modelo de Sestak-Berggren; soluciones analíticas.*





Sección 8

**SISTEMAS**  
**AGROPECUARIOS**

## 8.1. Biocarbón como estrategia para incrementar el rendimiento de trigo y la recarbonización del suelo en Michoacán México

Medina-Orozco Lenin Ejecatl<sup>1</sup>; Peña-Bárceñas Hugo y Sánchez-Duque Alexander

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/I.T. Valle de Morelia. Carretera Morelia Salamanca km 6.5. Morelia, Michoacán, México. CP. 58100.  
Autor de correspondencia: leninmed@gmail.com

### Resumen

El biocarbón es producido por la transformación termoquímica de la biomasa, mediante un proceso de pirólisis lenta. Su uso en áreas agrícolas incrementa la producción con beneficios adicionales como la recarbonización del suelo. El objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial del biocarbón sobre el rendimiento de un trigo de riego y el potencial de recarbonización del suelo en el valle Morelia-Queréndaro en Michoacán. El biocarbón se obtuvo de biomasa seca de olotes de maíz usando un reactor rústico de pirólisis lenta. Por la contingencia sanitaria de la Covid-19, el estudio fue realizado en macetas de 1.9 L. El biocarbón se aplicó en suelos arcillosos representativos de las zonas productoras de trigo del valle y se aplicó el biocarbón a razón de 1% (T1) con base en el peso del suelo seco y un control 0% (T0). La dosis de fertilización fue 240<sub>N</sub>-50<sub>P</sub>-50<sub>K</sub> en ambos casos. El diseño fue en bloques completos al azar con veinte macetas cada uno. La comparación de medias se realizó con la técnica de Tukey-Kramer. Los resultados indican un incremento significativo en el rendimiento del trigo de 7.4 t ha<sup>-1</sup> en T1, 0.4 t ha<sup>-1</sup> superior al control (T0), el peso de 1000 granos presentó valores de 33 g y 32 g en T1 y T0 respectivamente y por último, el peso hectolítrico fue de 75.5 (T1) y 73.3 (T0). Se obtuvo que la cantidad potencial de biocarbón que se podría almacenar en el suelo a razón de 1%, fue de 25.4 t ha<sup>-1</sup>. Se concluye que el biocarbón es una alternativa viable para aumentar la producción de trigo y la recarbonización del suelo en el valle Morelia-Queréndaro del estado de Michoacán.

**Palabras clave:** *secuestro de carbono; biomasa; Recsoil.*

## 8.2. Evaluación del aceite de semilla de calabaza (*Curcubita moschata*) en la producción ruminal de metano

Pérez-Díaz Angélica A<sup>1</sup>; Pinto-Ruíz Rene<sup>2</sup>; Luján-Hidalgo María C<sup>4</sup>; Ramírez-Díaz Roselia<sup>2</sup>; Aryal Raj Deb<sup>3</sup>; Miranda-Romero Luis A<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, Universidad Autónoma de Chiapas, Boulevard Laguitos No. 338 Col. Los Laguitos Tuxtla Gutiérrez, Chiapas C.P. 29020.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas, Carr. Ocozocoautla Villaflores, CP 30470, Villaflores, Chiapas.

<sup>3</sup>Catedras CONACYT-UNACH, Facultad de Ciencias Agronómicas, Carr. Ocozocoautla Villaflores, CP 30470, Villaflores, Chiapas.

<sup>4</sup>Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal 599, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

<sup>5</sup>Universidad Autónoma de Chapingo, Posgrado en Producción Animal. Departamento de Zootecnia, Km 38.5 Carretera México- Texcoco, 56230, Chapingo, Texcoco, Estado de México.

Autor de correspondencia: anny\_chapa\_93@hotmail.com

### Resumen

Se evaluó el efecto del aceite de semilla de calabaza sobre la producción de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y fermentación ruminal integrado a dietas de rumiantes utilizando la técnica de producción de gas *in vitro*. Se evaluaron seis tratamientos adicionando diferentes niveles de ASC a una dieta base que consistía en pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*): T1= 0% ASC+ 100% *C. nlemfuensis*; T2= 2% ASC + 98% *C. nlemfuensis*; T3= 3% ASC + 97% *C. nlemfuensis*; T4= 4% ASC + 96% *C. nlemfuensis*; T5= 5% ASC + 95% *C. nlemfuensis*; T6= 7% ASC + 93% *C. nlemfuensis*, se utilizaron 10 repeticiones para cada tratamiento analizados bajo un diseño completamente al azar y evaluando medias a través de la prueba de Tukey (p <0.05) empleando para todo ello al paquete estadístico SAS. El ASC contiene 67.2% de ácidos grasos insaturados, siendo los más abundantes el ácido linoleico y oleico (46.16 y 20.10% respectivamente). En la producción de CH<sub>4</sub> difieren el T2 con el T5 y T6 que corresponde a los valores 16.019, 11.987 y 11.209% pero no se diferenciaron con el tratamiento testigo (T1). En la producción de CO<sub>2</sub>, se observó un incremento conforme aumentaba el porcentaje de aceite. En los parámetros de la cinética de fermentación, el T4, T5 y T6 no presentaron diferencias significativas, adaptándose en menor tiempo a las 7.938, 7.712 y 8.140 h (L), respectivamente, pero a menor velocidad con respecto al T1. La degradación de la materia seca (DGRMS) disminuyó conforme aumenta el nivel de inclusión del aceite.

**Palabras clave:** *cinética de fermentación; digestibilidad; volumen fraccional; ácidos grasos insaturados.*

### 8.3. Emisión de CO<sub>2</sub> en suelos de pastizales y bosque

Lugo-De la Fuente Jorge L.<sup>1</sup>; Salinas-Alcántara Liliana; Vaca-Paulín Rocio; Juárez-Del Águila Pedro; de la Portilla-López Nadia y Yañez-Ocampo Gustavo

<sup>1</sup>Lab. de Edafología y Ambiente, Fac. De Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, Toluca, 50000 México.

Autor de correspondencia: joreglug@gmail.com

#### Resumen

El suelo funciona como fuente o sumidero de gases efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). El intercambio de estos gases entre el suelo y la atmósfera es influenciado por varios factores tales como el uso y manejo del suelo, temperatura y precipitación. Dentro de los GEI el CO<sub>2</sub> aumentó dramáticamente durante el último siglo. De ahí que el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del manejo y uso de suelo en las emisiones de CO<sub>2</sub> y en las propiedades del suelo en pastizales y bosque. Se contó con 4 zonas de estudio; un bosque (Bo), Pastizal con caballos (PC), Pastizal antes zona de cultivo (Cu) y pastizal sin aparentes perturbaciones (Pa). En cada zona se colocaron 5 cámaras para medir la emisión de CO<sub>2</sub> mediante el método de la cámara cerrada modificado, también se registró la humedad y temperatura del suelo. Las lecturas se realizaron durante 30 días en temporada de sequía (febrero) y 30 días en temporada de lluvias (julio). En ambos periodos se colectaron muestras de suelo para el análisis en el laboratorio. La emisión de CO<sub>2</sub> fue de 609.29 a 690.16 mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> durante la temporada seca y 1160.00-1272.43 mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> durante la temporada de lluvias. Los datos sugirieron que la temporada tuvo un efecto en la emisión de CO<sub>2</sub> del suelo y la importancia de la temperatura y la humedad del suelo para aumentar la emisión de CO<sub>2</sub> del suelo.

**Palabras clave:** *gases de efecto invernadero; N mineralización.*

## 8.4. Balance hídrico del cultivo de trigo bajo diversos esquemas agrícolas en Coahuila de Zaragoza

Torres-Arreola Roberto<sup>1</sup>, Sánchez-Mejía Zulia Mayari<sup>2</sup> y Flores-Rentería Dulce Y.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Cinvestav Unidad Saltillo. Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía. Av. Industria Metalúrgica 1062, Parque Industrial Ramos Arizpe, CP 25900, Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza.

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON. 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, CP 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México.

<sup>3</sup>CONACyT, Cinvestav, Unidad Saltillo. Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía. Av. Industria Metalúrgica 1062, Parque Industrial Ramos Arizpe, CP 25900, Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza.

Autor para correspondencia: yaahid.flores@cinvestav.edu.mx

### Resumen

Uno de los principales indicadores en la evaluación de las prácticas agrícolas sustentables es el análisis del uso eficiente del agua (WUE, por sus siglas en inglés). Con el análisis del WUE es posible determinar el grado de aprovechamiento del agua en los cultivos y conocer la cantidad precisa de agua necesaria para el cultivo. En este estudio se realizó un análisis del WUE y el efecto del cambio y manejo mediante la comparación de las propiedades fisicoquímicas del suelo de una zona conservada, previo al desmonte, durante la siembra y cosecha. Los resultados muestran un cambio en las propiedades del suelo. Las diferencias encontradas son el aumento del pH, conductividad eléctrica y el contenido de materia orgánica en los suelos cultivados, a su vez existe una disminución de la densidad aparente del suelo por el arado que se le dio previo a la siembra. El rendimiento obtenido del manejo convencional (MC) fue significativamente mayor al sustentable (MS), obteniendo  $10.48 \pm 0.5 \text{ kg m}^{-2}$  y  $8.39 \pm 0.9 \text{ kg m}^{-2}$ . El WUE tuvo un comportamiento similar al rendimiento, teniendo que el MS tuvo un WUE  $0.66 \text{ kg m}^{-3}$  menor en comparación al MC (con  $8.85 \pm 0.5 \text{ kg m}^{-3}$ ). Los efectos del cambio de uso de suelo son notorios de manera significativa en las propiedades fisicoquímicas del suelo. La diferencia en el tipo de manejo que tuvieron los cultivos afecta al balance hídrico, debido a que afecta al desarrollo de las plantas, ocasionando que exista una diferencia de evapotranspiración.

**Palabras clave:** *uso eficiente del agua; propiedades del suelo; rendimiento de cultivo; evapotranspiración.*

## 8.5. Talleres participativos: una estrategia para la producción de cafés especiales Chiapas, México

Morales-Reyes Eetzli I.<sup>1</sup>; Bolaños-González Martín A.<sup>1</sup> y Escamilla-Prado Esteban<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Postgrado en Hidrociencias, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

<sup>2</sup>Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 6 Carretera Huatusco – Xalapa, C.P. 94100. Huatusco, Veracruz.

Autor para correspondencia: bolanos@colpos.mx

### Resumen

El cultivo de café bajo sombra en sistemas agroforestales en Chiapas, donde es importante la producción orgánica, contribuye de manera significativa a la provisión de servicios ecosistémicos: captura de carbono y mitigación del cambio climático; sin embargo, los bajos precios, la inestabilidad del mercado mundial y los problemas con plagas y enfermedades han generado la escasa sostenibilidad económica, ambiental y social. Así, para sobrellevar los desafíos que enfrentan los productores para mantener sus formas de vida sustentable, es esencial buscar alternativas para mejorar la calidad e identificar mecanismos novedosos para comercializar, siendo los cafés de especialidad una alternativa viable. En este trabajo se presenta un análisis descriptivo de los procesos elaborados en talleres participativos para la producción de cafés de alta calidad con tres organizaciones productoras de café orgánico bajo sombra de Chiapas, determinando por medio de la apropiación teoría-práctica la calidad del café beneficiado por cosecha selectiva. En cada taller se realizaron dos tipos de fermentaciones, láctica y alcohólica, en la primera se obtuvo un café lavado, con 85 puntos, mezcla de variedades Borbón y Oro Azteca; asimismo, para la fermentación alcohólica el mejor resultado lo obtuvo un café lavado, con 85 puntos, mezcla de Borbón y Caturra. En general los cafés obtenidos en los tres talleres alcanzaron una puntuación entre 81 y 85 puntos, que según el protocolo SCA se clasifican como muy buenos (80-85), concluyéndose que la cosecha selectiva y los procesos de fermentación ayudan a incrementar la calidad sensorial del café.

**Palabras clave:** *sistemas agroforestales; café orgánico; fermentaciones; cosecha selectiva.*

## 8.6. Estimación de concentraciones de carbono negro en la región noreste de México

**Pérez-Medina Pedro**<sup>1</sup>; Galindo-Mendoza María G.<sup>2</sup>; Barrera-López Valter A.<sup>2</sup>; Álvarez-Fuentes G.<sup>3</sup> y Quiroz-Gaspar Angel de J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Dr. Manuel Nava 201, 2º piso, Zona Universitaria, CP. 78000, San Luis Potosí, S. L. P.

<sup>2</sup>Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria (LaNGIF), Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Sierra Leona 550, Col. Lomas 2ª Sección, CP. 78210, San Luis Potosí, S. L. P.

<sup>3</sup>Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Altair 200, Col. del Llano, CP. 78377, San Luis Potosí, S. L. P.

Autor para correspondencia: A35047@alumnos.uaslp.mx

### Resumen

La actividad cañera en México y particularmente en la zona región noreste del país es de suma importancia económica y social; sin embargo, también tiene un impacto ambiental y para la salud humana. En su conjunto, los procesos del cultivo que implican la combustión de biomasa o combustibles fósiles producen una diversidad de contaminantes del aire, entre los que destaca el carbono negro (BC). Sin embargo, su monitoreo se ha limitado a las grandes ciudades o países con redes de monitoreo terrestre bien estructuradas. En el caso de México, este es el primer monitoreo in situ realizado en una zona rural. Con los datos obtenidos fue posible verificar las imágenes MERRA-2 que monitorean BC, y crear un modelo matemático con el cual se comparó la información de las imágenes sin y con verificación de datos de campo, constatando sus diferencias y posibilitando el análisis espaciotemporal del fenómeno. Para las predicciones se crearon 4 modelos (a intervalos de 6 horas) para diferentes horas del día del mes de enero de 2021. Con ellos se mostraron las variaciones de contaminación por BC en los diferentes ingenios de la zona, así como las mostradas a diferentes horas del día. Las concentraciones llegaron a superar  $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con lo cual además de contribuir al calentamiento global hay efectos en la salud humana en el corto plazo e incluso mortandad en el largo plazo.

**Palabras clave:** *imágenes MERRA-2; datos de etalómetro; monitoreo híbrido; modelo.*

## 8.7. Regresión por aprendizaje automatizado para estimar la biomasa de la pradera ofrecida para el pastoreo

Guevara-Escobar Aurelio<sup>1</sup>; Cervantes-Jiménez Mónica<sup>1</sup>; Lemus-Ramírez Vicente<sup>2</sup> y Yabuta-Osorio Adolfo Kunio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Boulevard de las Ciencias s/n, CP 76260, Juriquilla, Querétaro, México.

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal del Altiplano. Carretera Federal Tequisquiapan a Ezequiel Montes, km. 8.5, CP 76790, Tequisquiapan, Querétaro, México.

Autor para correspondencia: guevara@uaq.mx

### Resumen

El sobrepastoreo contribuye indirectamente al cambio climático. Para asignar adecuadamente el área de pastoreo necesitamos mediciones de la materia seca (MS) acumulada. La MS ofrecida al ganado en pastoreo (MFO) se estima por: cortes de forraje, alométricamente, aparatos electrónicos o sensores remotos (PR), pero la exactitud y practicidad de los métodos es variable. Comparamos modelos predictivos de MFO con base en variables del manejo de la pradera (MP) o mediciones ambientales PR contemporáneas, incluyendo: albedo, temperatura de superficie y lluvia. Por tres años se estudió una pradera mixta pastoreada con bovinos productores de carne. Como base se tomó el modelo de cuadrados mínimos ordinarios (OLS) entre MFO y la altura de la pradera ( $A_{pradera}$ ). Se obtuvieron modelos OLS stepwise con base en las variables MP únicamente, o usando las variables MP y PR. También se generaron modelos de aprendizaje automático (ML) usando sólo variables MP o, variables MP y PR en conjunto. El entrenamiento fue con el 80% de los datos; con 20% se evaluaron los modelos con base al coeficiente de regresión ajustado por grados de libertad ( $r^2$ ) y el sesgo existente entre los datos observados y los datos estimados. La  $r^2$  del modelo entre  $A_{pradera}$  y MFO fue 0.43; sólo con variables PR, la  $r^2$  fue 0.45 para OLS y 0.63 para ML; para los modelos con variables PR y MP fue 0.71 para OLS y 0.96 para ML. Concluimos que las medidas PR en un ML estiman bien la MFO, a pesar de su resolución espacial gruesa.

**Palabras clave:** *alfalfa; forraje; lluvia; temperatura; sensores remotos.*

## 8.8. Fenotipado de alto rendimiento en atributos fisiológicos relacionados a fotosíntesis para incrementar rendimiento de trigo

Robles-Zazueta Carlos A.<sup>1,2</sup>; Molero Gemma<sup>2,3</sup>; Pinto Francisco<sup>2</sup>; Foulkes M. John<sup>1</sup>; Reynolds Matthew P.<sup>2</sup> y Murchie Erik H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of Plant and Crop Sciences, School of Biosciences, University of Nottingham, LE12 5RD, Reino Unido.

<sup>2</sup>Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), carretera México-Veracruz km 45, CP 56237, El Batán, Texcoco, México.

<sup>3</sup>KWS Momont Recherche, 7 rue de Martival, 59246 Mons-en-Pevele, Francia.

Autor para correspondencia: carlos.robleszazueta@nottingham.ac.uk

### Resumen

Una de las mejores opciones para lograr seguridad alimentaria es incrementar la biomasa, eficiencia de uso de radiación y rendimiento de cultivos aumentando las tasas fotosintéticas del dosel, pero su estudio en campo se caracteriza por métodos lentos ocasionando la ausencia de estudios que integren información a nivel de dosel. En este estudio se utilizó regresión de mínimos cuadrados parciales (PLSR) en datos de fenotipado de alto rendimiento (HTPP) colectados en una población de trigo harinero para construir modelos predictivos de atributos fisiológicos en la capa superior, media e inferior del dosel. Las predicciones que combinaron todas las capas del dosel fueron mejores que las de capas individuales, con los siguientes resultados para fotosíntesis:  $R^2 = 0.48$ ,  $RMSE = 5.24 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; conductancia estomática  $R^2 = 0.36$ ,  $RMSE = 0.14 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  y transpiración:  $R^2 = 0.39$ ,  $RMSE = 1.42 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Las predicciones de estos atributos después fueron escaladas a nivel de dosel para compararlas con las observaciones de campo y se encontraron correlaciones estadísticamente significativas en la fase vegetativa ( $R^2 = 0.3$ ,  $p < 0.05$ ;  $R^2 = 0.61$ ,  $p < 0.001$ ;  $R^2 = 0.29$ ,  $p < 0.05$ ) y de llenado de grano ( $R^2 = 0.15$ ,  $p < 0.05$ ;  $R^2 = 0.62$ ,  $p < 0.001$ ), excepto para transpiración. El uso de HTPP nos permitió fenotipar 30 veces más rápido comparado con métodos convencionales, esto posibilitará el estudio de atributos fotosintéticos en poblaciones grandes en programas de mejoramiento y mejorar nuestra comprensión de la fisiología de cereales agregando distintas capas del dosel al modelado fisiológico.

**Palabras clave:** *fotosíntesis de dosel; mejoramiento fisiológico; RUE; conductancia estomática; PLSR.*

## 8.9. Almacenamiento y tasa de acumulación de carbono en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México

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

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

<sup>2</sup>CONACYT-UNACH, Facultad de Ciencias Agronómicas.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Zona Maya, Quintana Roo.

<sup>4</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, Tabasco, México.

\*Autor para correspondencia: drajar@conacyt.mx

### Resumen

La conversión de tierras forestales a monocultivos de potrero para el pastoreo de ganado ha sido una de las causas principales de emisiones de carbono en sur-sureste Mexicano. La fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales como los sistemas silvopastoriles pueden ayudar a mitigar las emisiones de carbono. Sin embargo, el almacenamiento y potencial de fijación de carbono puede variar dependiendo de arreglos y manejo de sistemas silvopastoriles. El objetivo de este estudio fue evaluar la cantidad de carbono almacenado y la tasa de acumulación en dos sistemas silvopastoriles y monocultivo de pastos en Chiapas. Se realizó el muestreo en 10 sitios por sistema ganadero para medir carbono en componente arbóreo y analizar el carbono orgánico del suelo. Los resultados mostraron que los sistemas silvopastoriles almacenan la mayor cantidad de carbono, no solamente en biomasa arbórea sino también en suelo. Además, los valores de tasa de acumulación de carbono demostraron que los dos sistemas silvopastoriles, tanto cercas vivas como arboles dispersos en potrero siguen fijando carbono de 0.10 y 1.03 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en biomasa arbórea. Mayor presencia de raíces finas contribuye a mayor acumulación de carbono orgánico del suelo en sistemas silvopastoriles con respecto a los monocultivos de pastos sin árboles.

**Palabras clave:** *agroforestería pecuaria; fijación de carbono; materia orgánica del suelo; biomasa arbórea; sistemas ganaderos.*

## 8.10. Emisión de N<sub>2</sub>O debido al parche de orina de bovinos en un Sistema Silvopastoril con *Leucaena leucocephala* en la época de estiaje

Osorio-Montor Tania G.<sup>1</sup>; Avilés-Nova Francisca<sup>1</sup>; Castelán-Ortega Octavio A.<sup>2</sup>; Salazar-Sperberg Francisco<sup>3</sup>; Saynes-Santillán Vinisa<sup>4</sup> y Peralta-Zúñiga Kathia<sup>4</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.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigación Agrícola. Remehue Chile. Ruta 5, Osorno, Los Lagos, Chile.

<sup>4</sup>Postgrado de Edafología, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Autor por correspondencia: franavilesnova@yahoo.com.mx

### Resumen

Uno de los principales gases de efecto invernadero (GEI) en la producción bovina es el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), no solo por su alto potencial de calentamiento global, sino también por el incremento reciente de su concentración en la atmósfera. No obstante, su importancia para inducir cambio climático, hoy en día en México existe escasa bibliografía científica sobre el efecto que tiene la asociación de gramíneas con leguminosas arbóreas en sistemas silvo-pastoriles de producción de ganado bovino (SSP) en las emisiones de N<sub>2</sub>O del sistema. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue medir las emisiones de N<sub>2</sub>O simulando un SSP de bovinos basado en el uso de *Cynodon plectostachyus* + *Leucaena leucocephala*. Se llevó a cabo un experimento para evaluar el efecto de niveles crecientes de inclusión *Leucaena* en la dieta de bovinos y sus emisiones de N<sub>2</sub>O a partir de la degradación de su orina en el suelo de tal forma que permitiese evaluar diferentes concentraciones de N ureico en el suelo. Se utilizaron tres bovinos doble propósito de 300 kg ±50 kg, y los tratamientos consistieron en 3 niveles de inclusión de *leucaena* en su dieta: 0, 16.6 y 33.3%, en base seca. Se colectó la orina de cada animal y se aplicó en microparcelas de 2 x 1 m y se usaron cámaras estáticas para medir la emisión de N<sub>2</sub>O al interior de las mismas. Se tomaron muestras diariamente del aire dentro de las cámaras durante 30 días, en tiempos de 0, 10, 20 y 30 min. Las muestras se analizaron mediante cromatografía de gases. El aumento en la inclusión de *Leucaena* no afectó la emisión de N<sub>2</sub>O entre tratamientos (P>0,05), sin embargo, entre días de muestreo sí existió diferencia significativa (P<0,0001). Se concluyó que el porcentaje de humedad en suelo fue el principal factor en la emisión N<sub>2</sub>O, debido a que se presentaron días con mayor porcentaje, y al disminuir, la emisión de N<sub>2</sub>O también disminuyó.

**Palabras clave:** ganado bovino; cambio climático; N<sub>2</sub>O; Sistemas Silvopastoriles (SSP); *Leucaena*.

## 8.11. Una reflexión sobre los inventarios oficiales de emisiones de metano por fermentación entérica de bovinos en México

Castelán-Ortega Octavio A<sup>1</sup>; Vázquez-Carrillo María F.<sup>1</sup> y González-Ronquillo Manuel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ganadería, Medio Ambiente y Energías Renovables de la Universidad Autónoma del Estado de México. Author para correspondencia: oacastelano@uaemex.mx

### Resumen

Según el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), publicado en el mes de agosto de 2021, los científicos están observando cambios en el clima de la Tierra en todas las regiones y en el sistema climático en su conjunto debido a la emisión de grandes volúmenes de gases de efecto invernadero (GEI). El sector agropecuario, forestal y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) aportan ~24% de todas las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) en el mundo, mientras que el ganado (todas las especies domésticas) emiten ~14.5% de emisiones antropogénicas de GEI, y sólo el ganado bovino emite 9.4% de las emisiones. El ganado bovino también es la principal fuente antropogénica de emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) en el mundo principalmente a partir de la fermentación entérica. En México el CH<sub>4</sub> originado por la fermentación entérica es también la principal fuente de este gas del sector AFOLU, desafortunadamente se han hecho progresos modestos en la elaboración de inventarios de este gas, en particular en el caso de los bovinos que es la principal especie emisora. En la Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización (2DOIBA) de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), el país recibió observaciones importantes de esta instancia internacional por la deficiente calidad del inventario de emisiones de CH<sub>4</sub> entérico, en este sentido el presente trabajo discute los problemas y limitantes que le impiden al país reportar un mejor inventario de este gas.

**Palabras clave:** *gases de efecto invernadero; metano; inventario deficiente; ganado bovino.*

## 8.12. Efecto de la calidad de la dieta sobre la producción de metano entérico y la eficiencia en el uso de la energía en bovinos de carne

Vázquez-Carrillo María F.<sup>1</sup>; Montelongo-Pérez Hugo D.<sup>2</sup>; González-Ronquillo Manuel<sup>2</sup>; Castillo-Gallegos Epigmenio<sup>1</sup> y Castelán-Ortega Octavio A.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, CP 04510, Ciudad de México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Ganadería, Medio Ambiente y Energías Renovables de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del estado de México. Instituto Literario 100, Colonia Centro, Toluca, CP 50000, Estado de México.

Autor para correspondencia: oacastelano@uaemex.mx

### Resumen

Una buena eficiencia en la utilización de la energía bruta consumida (EBi) por el bovino, se traduce en una mayor producción cárnica o láctea. Lo anterior se puede lograr disminuyendo las pérdidas de energía en forma de heces, orina o gases de fermentación, como el metano (CH<sub>4</sub>), el cual juega un papel importante en los bovinos, ya que llegan a perder hasta el 12% del total de la EBi en forma de CH<sub>4</sub>. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la partición de la EBi en bovinos, la metabolicidad de las dietas (*qm*) y el factor de partición de energía consumida hacia CH<sub>4</sub> (*Ym*), empleando dietas y ganado de una región de clima templado de México. Se utilizaron cuatro novillonas de 206 ± 39.7 kg de peso vivo y 12 ± 0.93 meses de edad; distribuidas en un diseño completamente al azar y dos dietas: dieta A con 74% de ensilado de maíz + 26% de concentrado y dieta B con 100% de ensilado de maíz. El consumo de materia seca (CMS), digestibilidad, factor *Ym* y el rendimiento de metano g kg<sup>-1</sup> de CMS, para ambas dietas fue diferente ( $P < 0.05$ ). El valor más bajo de *Ym* y más alto de *qm* se observaron en la dieta A, debido a la mayor disponibilidad de energía en comparación con la dieta B.

**Palabras clave:** metano; energía bruta consumida; factor *Ym*.

## 8.13. Cuantificación del almacén de biomasa y carbono aéreo en un cafetal bajo sombra diversificada

Tlaxcala-Méndez Rolando M.<sup>1</sup>; Pablo-Mendoza María del C.<sup>1</sup>; Aquino-Ramírez Martín<sup>2</sup>; Santiago-Trinidad Olga<sup>1</sup> y López-Vázquez Naysly<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental El Palmar. Tezonapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Edzná. Campeche, Campeche, México.

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. Campus Tierra Blanca, Veracruz, México.

\*Autor para correspondencia: tlaxcala.rolando@inifap.gob.mx

### Resumen

Los sistemas agroforestales de café (SAFC) tradicionales pueden contribuir en mitigación del cambio climático mediante el secuestro de carbono. No obstante, en la región cafetalera de Zongolica el conocimiento de los almacenes de biomasa y carbono en los SAFC es limitado. El presente estudio se realizó con el objetivo de cuantificar vía estimadores de muestreo (EM) las existencias de biomasa aérea ( $B_a$ ) y carbono aéreo ( $C_a$ ) en un SAFC de Zongolica. Para esto, se establecieron aleatoriamente 24 unidades de muestreo (UM) de 20 x 20 m (1/25 ha) en un SAFC tradicional de 30.5 ha. En la UM se registraron las variables dimensionales de los árboles y plantas de *Coffea arabica* L. Por medio de ecuaciones alométricas y un factor de conversión (0.50) se estimó la  $B_a$  y el  $C_a$  por individuo. Se emplearon los estimadores del muestreo simple al azar (MSA) y de Razón (ERaz) para cuantificar las existencias de  $B_a$  y  $C_a$  en el arbolado y los cafetos. El ERaz obtuvo mejor precisión (<7.63%) y una amplitud más pequeña en los intervalos de confianza en comparación al MSA. En base a lo anterior, el ERaz estima la  $B_a$  en 207.40 ( $\pm 15.71$ ) Mg ha<sup>-1</sup> y el  $C_a$  en 103.70 ( $\pm 7.86$ ) Mg C ha<sup>-1</sup>; el 98.5% de los almacenes se encuentra en los árboles y el 1.5% en los cafetos. Los resultados obtenidos sugieren que los SAFC tradicionales locales tienen alta capacidad para almacenar biomasa y carbono por lo que podrían usarse como estrategias para la mitigación del cambio climático.

**Palabras clave:** *Coffea arabica*; MSA; estimador de razón; Zongolica.

## 8.14. Almacenamiento de carbono orgánico del suelo en cafetales orgánicos del centro de Veracruz, México

Tinoco-Rueda Juan Angel<sup>1,2</sup>; Escamilla-Prado Esteban<sup>1</sup> y Flores-Ordoñez Marisol<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 6 carretera Huatusco-Xalapa, C.P. 94100, Huatusco, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Estudiante de Doctorado en Ciencias Agrícolas y Medioambientales para el Desarrollo, Universidad de Santiago de Compostela, España. Autor para correspondencia: juanangel.tinoco@rai.usc.es

### Resumen

Los sistemas agroforestales son agroecosistemas diversificados que se caracterizan por asociar especies perennes multipropósito con cultivos agrícolas o animales. La estructura y composición de los sistemas productivos bajo el enfoque agroforestal favorecen la provisión de servicios ecosistémicos como la captura de carbono que ayudan a mitigar el fenómeno del cambio climático. El objetivo de la presente investigación fue cuantificar el carbono orgánico del suelo (COS) almacenado en cafetales bajo sombra en la organización Catuai Amarillo, S.S.S., ubicada en el municipio de Chocamán, Veracruz, México. Se definieron 16 sitios de muestreo en las parcelas de los socios de la Organización. En cada sitio se estableció una parcela cuadrada de 625 m<sup>2</sup> donde se identificó la tipología del sistema de producción, el análisis de la estructura y composición del agroecosistema mediante perfiles de vegetación. Para determinar el COS se obtuvo una muestra compuesta de suelo por cada sitio a una profundidad entre 15 y 20 cm, las muestras se analizaron con ayuda de un TOC-L Shimadzu modelo SSM-5000A. Como resultado se encontró que los cafetales de la Organización corresponden a dos tipos de sistemas de producción de café: Sistema Policultivo Tradicional (SPT) y Sistema Policultivo Comercial (SPC). La cuantificación del COS establece que el sistema SPT obtuvo en promedio 74.78 MgC ha<sup>-1</sup> mientras que el sistema SPC 66.13 MgC ha<sup>-1</sup>. Con la información obtenida se tiene la prospectiva de plantear estrategias para incrementar el contenido de COS así como un posible pago por servicios ecosistémicos.

**Palabras clave:** *sistemas agroforestales; mitigación del cambio climático; servicios ecosistémicos.*

## 8.15. Almacén de carbono en la biomasa aérea de *Hevea brasiliensis* en cuatro densidades de plantación

Pablo-Mendoza María del C.<sup>1</sup>; Tlaxcala-Méndez Rolando M.<sup>1</sup>; Santiago-Trinidad Olga<sup>1</sup> y Monroy-Rivera Carlos R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental El Palmar. Carretera Tezonapa – El Palmar grande km. 18, CP 95080, Tezonapa, Veracruz, México.  
Autor para correspondencia: pablo.maria@inifap.gob.mx

### Resumen

El hule (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) es considerada como una especie con potencial en el almacén de biomasa y captura de carbono a lo largo del ciclo de vida de la plantación. Sin embargo, el conocimiento acerca de cuantificar el carbono secuestrado en diferentes densidades de plantación es limitado. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar la biomasa y el carbono aéreo almacenado en una plantación de hule-clon IAN-754 de 31 años de edad establecida en cuatro densidades de plantación. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Para estimar la biomasa aérea total y por componente estructural se emplearon las ecuaciones generadas por Monroy y Navar (2004). Para estimar el carbono aéreo total y por componente estructural, se multiplicó el valor de la biomasa por el factor de 0.487. En densidades de 1250 árboles por ha presentaron diámetros promedio de 24.14 cm, alturas de 21.18 m, biomasa total aérea de 0.344 Mg y captura de carbono total de 0.167 Mg, en contraste cuando la densidad es de 200 árboles el diámetro fue 48.37 cm, alturas de 30.35 m, almacén de biomasa de 1.401 Mg y captura de carbono total de 0.682 Mg. Sin embargo, cuando los resultados se extrapolan a 1 ha, los resultados se invierten y se llega a la siguiente conclusión en densidades de plantación de 1250 árboles por ha se almacena mayor cantidad de biomasa y carbono aéreo en comparación con bajas densidades de 200 árboles por ha.

**Palabras clave:** hule; clon IAN-754; ecuaciones alométricas; fijación de dióxido de carbono y Veracruz.

## 8.16. Efecto de diferentes variedades de grano de sorgo con alto contenido de taninos sobre la fermentación ruminal y la producción de metano *in vitro*

Molho-Ortiz A. A.<sup>1</sup>; Corona G. L.<sup>1</sup>; Márquez-Mota C. C.<sup>1</sup>; Beauchemin K. A.<sup>2</sup>; Talamantes-Gómez J. M.<sup>1</sup>; Ramírez-Bribiesca E.<sup>3</sup> y **Romero- Pérez A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>2</sup>Lethbridge Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food Canada.

<sup>3</sup>Programa de Ganadería, Colegio de Posgraduados, Montecillo, México.

Autor para correspondencia: [atmir@unam.mx](mailto:atmir@unam.mx)

### Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de mitigación de metano entérico (CH<sub>4</sub>) de diferentes variedades de grano de sorgo con alto contenido de taninos *in vitro*. Los tratamientos se organizaron en un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial 2 × 7, con 2 niveles de polietilenglicol (PEG; 0 y 1 g) y 7 variedades de sorgo, 6 de las cuales presentaron niveles altos de taninos (1.43 – 2.32%). Los tratamientos tuvieron 3 repeticiones y se realizaron 3 corridas independientes empleando la técnica de la producción de gas *in vitro*. El sustrato empleado (0.5 g) estaba compuesto por 72% sorgo, 18% rastrojo de maíz y 10% de pasta de soya. El líquido ruminal empleado como inóculo fue obtenido de 3 ovinos con cánula en rumen consumiendo una dieta similar a la evaluada. La incubación tuvo una duración de 48 horas. Las variables evaluadas incluyeron la degradación *in vitro* de materia seca (DIVMS), la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV), nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N), la producción total de gas y la producción de CH<sub>4</sub>. La utilización de grano de sorgo con alto contenido de taninos no disminuyó la producción de CH<sub>4</sub>, sin embargo, redujo la DIVMS. Los efectos negativos sobre la DIVMS fueron minimizados con la inclusión de PEG. En conclusión, los taninos presentes en las diferentes variedades de grano de sorgo evaluados en el presente estudio fueron causaron una disminución en la digestibilidad, pero no fueron efectivos en reducir la producción de metano *in vitro*.

**Palabras clave:** rumen; producción de gas; gases de efecto invernadero; fitoquímicos.

## 8.17. Efecto de la adición de aceite de canola en la emisión de metano en bovinos pastoreando praderas tropicales

Avilés-Nieto Jonathan N.<sup>1</sup>; Márquez-Mota Claudia C.<sup>1</sup>; Hernández-Medrano Juan H.<sup>2</sup>; Ramírez-Bribiesca J. Efrén<sup>3</sup>; Castillo-Gallegos Epigmenio<sup>4</sup>; Plascencia Alejandro<sup>5</sup>; Castrejón-Pineda Francisco A.<sup>1</sup> y Corona Luis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, avenida universidad 3000, CP 04510 Ciudad de México.

<sup>2</sup>Faculty of Medicine & Health Sciences, University of Nottingham Nottingham NG7 2RD, Reino Unido.

<sup>3</sup>Departamento de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

<sup>4</sup>Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera federal Martínez de la Torre, km 5.5, CP93650 Tlapacoyan, Veracruz, México.

<sup>5</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de Baja California. Carretera, Mexicali-San Felipe Km 3.5, Laguna Campestre, Mexicali, B.C. México.

Autor para correspondencia: gochi@unam.mx

### Resumen

La adición de aceite de canola (AC) sobre la emisión de metano ruminal, la fermentación y la digestión total del tracto se evaluó utilizando vacas canuladas en rumen ( $n = 4$ ; *Bos taurus* × *Bos indicus*,  $631 \pm 88$  PV) en pastoreo rotacional (*Brachiaria sp.*) complementadas con 6.3 kg de concentrado y AC (0,0, 0,40, 0,80 y 1,2 g / kg de peso corporal mermado (PCM = PV × 0.96) en un diseño de Cuadrado Latino 4 x 4. Las emisiones de metano se estimaron utilizando 1) el método Sniffer y 2) Metodología del IPCC. El consumo de pasto y la producción fecal se calculó utilizando Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> como marcador externo. El nivel más alto de AC, aumentó el valor energético digestible (Mcal / kg) en un 7.1% y redujo la producción de metano entérico en un 18.9% en comparación con la dieta de control. Disminuyó la digestibilidad de la fibra de detergente neutro (FDN) (26%; efecto lineal,  $P < 0.05$ ), la población total de protozoos (89%) y la proporción de acetato a propionato (25%). En general, la adición de AC al 5.3% de la dieta (1.2 g / kg PCM) aumentó el consumo total de energía y la eficiencia de la fermentación ruminal, reduciendo la emisión de metano entérico en el ganado que pastaba con forrajes tropicales y complementado con una cantidad fija de concentrado.

**Palabras clave:** *aceite de canola; bovinos; metano; pastoreo.*

## 8.18. Flujos de carbono en huerta adulta de nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en Costa de Hermosillo, México

Gámez-Lucero J. Abraham<sup>1</sup>; Rodríguez Julio Cesar<sup>2</sup>; Castellanos-Villegas Alejandro<sup>3</sup>; Watts Christopher<sup>4</sup>; Rodríguez-Casas Julio<sup>2</sup> y Lizárraga-Celaya Carlos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Postgrado en Biociencias, DICTUS. Hermosillo, Sonora, CP 83100, Hermosillo, Sonora, México, Estado de México.

<sup>2</sup>Departamento de Agricultura y Ganadería (DAG), Hermosillo, Sonora, CP 83100, Hermosillo, Sonora, México.

<sup>3</sup>Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICTUS), Hermosillo, Sonora, CP 83100, Hermosillo, Sonora, México.

<sup>4</sup>Departamento de Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, CP 83100, Hermosillo, Sonora, México.

Autor para correspondencia: a213203135@unison.mx

### Resumen

La superficie cultivada en el planeta es ~1600 millones de ha y ~338 millones están bajo riego. Esta superficie es responsable del ~12% emisiones de GEI, sin embargo, proporciona la mayor cantidad de alimentos y fibras para animales y humanos, y tienen un potencial importante en el secuestro de carbono a través de la fotosíntesis y almacenarlo en la parte aérea y suelo. Los cultivos perennes por sus características propias y su manejo, se ha considerado como un elemento importante en la lucha contra el cambio climático. En este sentido, se planteó la necesidad de cuantificar el potencial de fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico anualmente por una huerta de nogal pecanero en la Costa de Hermosillo. Para ello, se instaló una torre micrometeorológica para mediciones de CO<sub>2</sub> y vapor de H<sub>2</sub>O para el monitoreo continuo de flujos de carbono y agua (evapotranspiración) en una huerta adulta. Los resultados preliminares anuales de 2017 a 2020 muestran que previo a la poda de copa el cultivo fue capaz de fijar -1006 gC.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>, disminuyendo al año siguiente a -788 gC.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> y durante el 2020 alcanzó hasta -936 gC.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>. Asimismo, durante este periodo ocurrieron cambios importantes en el área foliar, con máximos en 2017 de 4.5 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>, y durante el año siguiente 3.5 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>.

**Palabras clave:** covarianza de vórtices; nogal pecanero; evapotranspiración; flujo de carbono.

## 8.19. Mapa nacional de potencial de captura de carbono en suelos agrícolas

**Reynoso-de la Mora Verónica**<sup>1</sup>; Villalobos-Arámbula Victor M.<sup>1</sup>; Argüello-Campos Santiago J.<sup>1</sup>; Ortiz-García Sol<sup>1</sup>; Cerón-Trejo Areli<sup>1</sup>; Bunge-Vivier Verónica E.<sup>1</sup>; Velázquez-López Juan<sup>1</sup>; Montaña-López Fernando J.<sup>2</sup>; Biswas Asim<sup>2</sup> y Guevara-Santamaría Mario<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad de Guelph, Guelph, Ontario N1G 2W1, Canadá.

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Juriquilla, México.

Autor para correspondencia: mguevara@geociencias.unam.mx

### Resumen

Existe una necesidad de apoyar las iniciativas de gestión sostenible del suelo para mejorar su fertilidad y mitigar el cambio climático. Un gran desafío es identificar áreas con potencial de captura de carbono orgánico del suelo (COS) con una perspectiva nacional. El objetivo es predecir las tasas de captura de COS y COS para los años 2020-2040 utilizando el modelo Roth C de la frontera agrícola a nivel nacional (a escala de 1 km<sup>2</sup>) siguiendo la metodología sugerida recientemente por la Alianza Mundial por el Suelo (AMS) de la FAO. El modelo sugiere la predicción de escenarios con 4 tendencias distintas; tendencia actual (BAU) y 3 escenarios con diferente implementación de prácticas de manejo sostenible de suelo (5% (SSM1), 10% (SSM2) y 20% (SSM3)). El modelo sugiere una tasa de captura de carbono negativa -2.82 Ton COS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> siguiendo un escenario con la tendencia actual dentro de la frontera agrícola. El modelo también sugiere que esta tasa negativa puede reducirse hasta -0.36 Ton COS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> con una transformación hipotética de prácticas de manejo sostenible de suelos (SSM3) en los próximos 20 años. Nuestros resultados sugieren que, a nivel nacional, la implementación de prácticas de manejo sostenible de suelo apoya a reducir las emisiones de carbono del suelo a la atmósfera hacia una neutralidad del COS en la frontera agrícola en México. Nuestros resultados contribuyen como punto de referencia para evaluar el impacto del cambio ambiental global en las tasas de captura de COS con una perspectiva nacional. Nuevos estudios y análisis con fuentes más detalladas de información (p. ej., insumos mayor calidad y resolución), se requieren para confirmar estos resultados.

**Palabras clave:** *mapeo digital de suelo; carbono orgánico en suelo; escenarios; modelo de predicción; frontera Agrícola; México.*

## 8.20. Uso de Imágenes digitales para el monitoreo funcional de la productividad y fenología de trigo

Pinto Suzuki R.<sup>1\*</sup>; López-Castro Guillermo<sup>1</sup>; Rivera-Díaz Miguel A.<sup>1</sup>; Rojas-Robles Nidia<sup>1</sup>; Garatuza-Payán Jaime<sup>1,2</sup> y Yépez Enrico A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México. <sup>2</sup>Sede Regional Sur de Sonora, Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM), Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México.

Autor para correspondencia: suzuky.pinto19018@potros.itson.edu.mx

### Resumen

La fotosíntesis, expresada como la productividad primaria bruta (PPB) contribuye al balance de carbono de las zonas agroecológicas, pero además se utiliza como indicador del estado de desarrollo y actividad metabólica de una planta. Mediante el estudio de las dinámicas de desarrollo de los sistemas agrícolas, es posible realizar una estimación de la productividad primaria neta aérea en cada etapa fenológica del cultivo. En éste estudio se describe la utilización de imágenes digitales como herramienta práctica y de bajo costo en la estimación de índices de desarrollo de la biomasa vegetal aérea generada por un cultivo de trigo (*Triticum durum*) mediante el cálculo de índices vegetativos que pueden ser usados como aproximaciones de la actividad fotosintética del mismo. A través del análisis de imágenes digitales repetidas capturadas durante todo el ciclo de desarrollo de un cultivo de trigo, fue posible detectar cambios en los parámetros asociados con la fotosíntesis, usando como indicadores el gcc, VIgreen y ExG. Se observó que este tipo de exploraciones permiten acceder de manera rápida a información detallada sobre los estadios fenológicos clave del cultivo así como a las etapas de mayor actividad fotosintética que potencialmente deriven en el estudio de rasgos más complejos con un mayor enfoque características que demandan más tiempo y costos. Se espera que mediante ésta herramienta se genere información útil que permita conocer con mayor detalle otros parámetros morfológicos, fisiológicos y químicos más complejos que permitan profundizar nuestro entendimiento sobre el sistema agrícola y su colaboración al balance de carbono del ecosistema.

**Palabras clave:** *índice vegetativo; Valle del Yaqui; CIRNO; monitoreo agrícola; cambio climático; fenología.*

## 8.21. Resiliencia y estabilidad socioecológica de la cafecultura mexicana bajo sombra: hacia nuevos paradigmas

**Bolaños-González Martín A.**<sup>1</sup>; Libert-Amico Antoine<sup>2</sup>; Paz-Pellat Fernando<sup>2</sup>; Villalobos-Sánchez Gontrán<sup>4</sup>; Escamilla-Prado Esteban<sup>5</sup>; Velázquez-Rodríguez Alma S.<sup>6</sup> y Morales-Reyes Eetzli I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Postgrado en Hidrociencias, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

<sup>2</sup>Programa Mexicano del Carbono. Chiconautla #8-A, Lomas de Cristo, CP 56225, Texcoco, Estado de México.

<sup>3</sup>Geoinformática, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez km. 3.5, Carretera Anáhuac S/N, CP 31600, Cuauhtémoc, Chihuahua.

<sup>4</sup>Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo México y Escuela Nacional de Protección Civil campus Chiapas, Cerrada Montes Himalaya #3 col. Montes Verdes, Barrio de María Auxiliadora, CP 29290, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

<sup>5</sup>Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 6 Carretera Huatusco – Xalapa, C.P. 94100. Huatusco, Veracruz.

<sup>6</sup>Facultad de Ciencias, Campus El Cerrillo, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

Autor para correspondencia: bolanos@colpos.mx, martinb72@gmail.com

### Resumen

La producción de café bajo sombra en México es el medio de vida de un número importante de productores de bajos ingresos y altos grados de marginalidad, la mayoría de ellos ubicados en comunidades indígenas y equiparables en zonas de importancia ecológica, severamente vulnerables ante eventos de desastre. En muchos casos, la producción de café bajo sombra puede ser catalogada como “amigable con el ambiente”, al constituir policultivos perennes que combinan diversos estratos de arbustos y árboles y proporcionan servicios ecosistémicos (e.g. acervos de carbono, servicios hidrológicos, biodiversidad, etc.). Sin embargo, los problemas asociados al cambio climático (e.g. plagas y enfermedades, como la roya del cafeto), además de factores de mercado (e.g. precios inestables, falta de acceso a mercados diferenciados y al comercio electrónico) y de salud (e.g. Covid-19) han reducido las opciones de medios de vida, orillando a los productores a realizar cambios de uso del suelo en ecosistemas de montaña, provocando deforestación y degradación forestal, cambios en el ciclo hidrológico, degradación del suelo, etc., y a esquemas marginales de medios de vida, que incrementan su vulnerabilidad ante escenarios adversos. Esta problemática está generalizada para los productores de café del país, quienes se encuentran en quince estados, siendo Chiapas y Veracruz los primeros productores a nivel nacional con dos tercios de la producción mexicana de café. Ante esta realidad, este proyecto propone iniciar acciones en dos regiones cafetaleras icónicas de estos dos estados, con sendos proyectos pilotos de investigación e incidencia, en los que se implementarán alternativas para mantener sistemas de producción climáticamente inteligentes e incrementar su resiliencia socioecosistémica.

**Palabras clave:** *sistemas agroforestales; sistemas socioecológicos; servicios ecosistémicos; cambio climático.*

## 8.22. Almacén de carbono orgánico en andosoles bajo diferentes sistemas de cultivo de maíz

Castelán-Vega Rosalía<sup>1</sup>; Tamaríz-Flores J. Víctor<sup>1</sup>; Aguilar-Jiménez Sandra I.<sup>2</sup> y Marín-Castro Marco A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 14 sur 6301, Colonia San Manuel, CP 72470, Puebla, Puebla, México.

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ciudad Universitaria, Colonia San Manuel, CP 72470, Puebla, Puebla, México.

Autor para correspondencia: rosalia.castelan@correo.buap.mx

### Resumen

El cambio climático es atribuido a las actividades antropogénicas que generan altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono, metano y fluorocarbonados, entre otros. El suelo es el reservorio más importante de carbono de los ecosistemas terrestres, almacenando más del 80% de todos los reservorios del mundo. La capacidad del suelo para almacenar carbono orgánico (COS) depende de sus propiedades, usos y manejo. La presente investigación tuvo como objetivo estimar la concentración de COS bajo diferentes sistemas de cultivo de maíz en el municipio de Calpan, Puebla, México. Los sistemas productivos evaluados fueron: milpa, monocultivo de maíz, milpa intercalada con maguey y milpa intercalada con árboles frutales, se midió la concentración de COS en bosque de pino primario como testigo. Se tomaron muestras compuestas de suelo en los primeros 30 cm de profundidad en los sistemas productivos y se determinaron la densidad aparente y carbono orgánico según los métodos normados en la NOM-021-2000. El bosque primario y la milpa presentaron las concentraciones promedio de COS más altas con 246 y 214 Mg C ha<sup>-1</sup>, respectivamente; seguidos de la milpa intercalada con manzana y milpa con maguey 174 y 194 Mg C ha<sup>-1</sup>, respectivamente; el monocultivo de maíz registró las concentraciones más bajas (75 Mg C ha<sup>-1</sup>). Las diferencias en COS se deben a diferencias en el manejo de los suelos, los sistemas productivos con visión agroecológica favorecen la recarbonización de los suelos.

**Palabras clave:** *suelo; milpa; maíz.*

