



Compiladores:

J. Martín Hernández Ayón
Oscar L. Briones Villarreal
Martín A. Bolaños González
Patricia Ibarra Alonso

Xalapa, Veracruz
2022



Programa Mexicano del Carbono

MEMORIA
Resúmenes
Cortos





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



 **COVEICYDET**
Consejo Veracruzano de Investigación
Científica y Desarrollo Tecnológico

 **THE OCEAN
FOUNDATION**

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

Esta obra fue elaborada por el Programa Mexicano del Carbono (PMC).
Se prohíbe la reproducción parcial o total de esta obra, por cualquier medio.

XIII SIMPOSIO INTERNACIONAL DEL
CARBONO EN MÉXICO

MEMORIA DE
RESÚMENES CORTOS

**J. Martín Hernández Ayón, Oscar Briones Villareal
Martín A. Bolaños González y Patricia Ibarra Alonso**
Compiladores

Programa Mexicano del Carbono

Xalapa, México

Octubre 2022

CONTENIDO

Sección 1

ATMÓSFERA

1

1.1.	Reservas de carbono y flujos de CO ₂ y CH ₄ en el manglar de Estero Pargo, Campeche	2
1.2.	Variabilidad estacional de flujos de dióxido de carbono, vapor de agua y energía en un <i>campus</i> universitario en Ciudad Juárez, Chihuahua	3
1.3.	Detección de disturbio por eventos extremos en un bosque tropical caducifolio del occidente de México	4
1.4.	Torres de flujo urbanas: aplicación y retos	5
1.5.	Flujos verticales de carbono del suelo de un manglar bajo restauración y sus controles biofísicos	6
1.6.	Gradientes de CO ₂ atmosférico y su variabilidad en la Ciudad de México a partir de mediciones <i>in-situ</i> y simulaciones	7
1.7.	Variabilidad espacial del intercambio neto del flujo de CO ₂ en un bosque tropical seco conservado	8
1.8.	Permanencia y producción de rocío en el dosel de plantas de trigo durante un ciclo agrícola en el Valle del Yaqui	9
1.9.	Modelación de las emisiones producidas por incendios forestales en los pantanos de Centla 2016-2019	10
1.10.	An analysis of random errors over the MexFlux Network	11

Sección 2

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

13

- | | | |
|------|---|----|
| 2.1. | Efecto de la eutrofización en la concentración y emisión de CH ₄ en dos lagos kársticos tropicales | 14 |
| 2.2. | Variación temporal y espacial de las concentraciones y flujos de CH ₄ en el Río Usumacinta, México | 15 |
| 2.3. | Dinámica biogeoquímica del metano en un ecosistema epicontinental tropical hipertrófico | 16 |
| 2.4. | Flujo de carbono orgánico particulado a los sedimentos de un lago tropical kárstico | 17 |
| 2.5. | Dinámica estacional e interanual de la biomasa del zooplancton pelágico en un lago tropical, monomítico cálido | 18 |
| 2.6. | Variación intra e interanual de la concentración de clorofila- <i>a</i> fraccionada (1998-2019) del lago Alchichica, Puebla | 19 |
| 2.7. | Dinámica espacio-temporal de la biomasa fitoplanctónica en los canales del Polígono Puente de Urrutia, Xochimilco | 20 |

Sección 3

ECOSISTEMAS COSTEROS

21

- | | | |
|------|--|----|
| 3.1. | Almacenes de carbono azul en manglares del ejido El Tarachi, Veracruz | 22 |
| 3.2. | Diagnóstico forestal y carbono en una reserva de manglar urbana de Ciudad del Carmen, Campeche | 23 |
| 3.3. | Dinámica del carbono inorgánico disuelto en condiciones de invierno en Laguna Ojo de Liebre, Guerrero Negro, B.C.S. | 24 |
| 3.4. | Estructura de la comunidad fitoplanctónica en relación con procesos de mesoescala en el nivel del máximo de clorofila en la boca del golfo de California | 25 |
| 3.5. | Determinación del horizonte de saturación (Ω_{arag}) mediante datos satelitales en el Pacífico Mexicano | 26 |
| 3.6. | Tasas de enterramiento de carbono azul en sedimento de manglar de la laguna de Términos | 27 |

3.7.	¿Son diferentes los suelos de manglares degradados y blanquiales en la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche?	28
3.8.	Gobernanza multiactor y mercados de carbono aplicados para la conservación, manejo sostenible y restauración de ecosistemas costeros en México	29

Sección 4

ECOSISTEMAS MARINOS 31

4.1.	De vuelta al esqueleto: análisis estructural y geoquímico del talo de las algas coralinas rojas (Rhodophyta)	32
4.2.	Las zonas oceánicas, mesopelágicas del mínimo de oxígeno y el transporte vertical de carbono	33
4.3.	Flujos de CO ₂ océano-atmósfera en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano durante Noviembre 2020	34
4.4.	Variabilidad espacio temporal de la alcalinidad total estimada a partir de datos satelitales en el Pacífico frente a México	35
4.5.	Distribución espacial de pH y omega aragonita frente a la costa de Oaxaca durante marzo de 2020	36
4.6.	Cambios en el carbono del fitoplancton expuesto a la contaminación de petróleo en un experimento de mesocosmos (biorremediación)	37
4.7.	Flujos de CO ₂ aire-mar durante un evento La Niña en las Bahías de Manzanillo y Santiago, México	38
4.8.	Hipoxia somera en la costa continental del Golfo de California	39
4.9.	Masas de agua y carbono inorgánico disuelto en el Sistema Frontal de Baja California Sur en verano de 2019	40
4.10.	Relación entre la profundidad de la oxiclina y la actividad de mesoescala en la Entrada al Golfo de California	41

Sección 5

ECOSISTEMAS TERRESTRES

43

5.1.	Almacén de carbono en una plantación de <i>Pinus Greggii</i> , en la cuenca Amanalco-Valle de Bravo	44
5.2.	Distribución espacial de biomasa aérea en bosques bajo aprovechamiento maderable en Hidalgo, México	45
5.3.	Estimación del carbono orgánico de suelos forestales en proceso de restauración	46
5.4.	Almacén de carbono en la etapa inicial de crecimiento de árboles de <i>P. patula</i> y <i>P. pseudostrobus</i>	47
5.5.	Respuesta de la respiración del suelo al incremento de la temperatura durante incubación	48
5.6.	Comparación de modelos del uso eficiente de luz para la estimación del GPP en México	49
5.7.	Estimación de productividad primaria bruta mediante fluorescencia de la clorofila (SIF) en bosques tropicales secos del noroeste de México	50
5.8.	Estrategias en el uso de agua de cuatro especies de plantas de un matorral xerófilo de Sonora, México	51
5.9.	Producción mensual de hojarasca en tres tipos de vegetación en Villaflores, Chiapas, México	52
5.10.	Cuantificación de acervos de carbono contenidos en bosques de la región Cofre de Perote, Veracruz	53
5.11.	Cambios en la composición florística en el desierto chihuahuense bajo diferentes escenarios de cambio climático	54
5.12.	Distribución vertical del carbono orgánico atmosférico fijado en el suelo en el Volcán Tláloc, Sierra Chichinautzin, CdMx	55
5.13.	Cambios temporales de índices de vegetación en dos tipos de matorrales del desierto chihuahuense	56
5.14.	Evaluación de productos satelitales de captura de carbono en un ambiente semiárido queretano	57

5.15.	La estabilización de C y su relación con la estabilidad de agregados del suelo en un bosque mesófilo de montaña en Jalpan, Querétaro	58
5.16.	Posibilidades de mitigación del cambio climático en el Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl	59
5.17.	Tendencia del verdor y variabilidad climática en la cuenca de un humedal continental	60
5.18.	Uso eficiente del agua en zonas vitivinícolas semiáridas en el estado de Querétaro, México	61
5.19.	Mapeando el peso foliar específico en México: una característica funcional relevante para el carbono	62
5.20.	Regeneración natural de <i>Pinus lawsonii</i> y <i>Quercus magnoliifolia</i> en un bosque templado de la cuenca Amanalco-Valle de Bravo	63
5.21.	Estimación de almacenes de carbono en el límite norte del bosque neotropical seco usando variables biofísicas e índices de vegetación	64
5.22.	Propuesta metodológica para el escalamiento espacial de la evapotranspiración a partir de mediciones de torres de flujos turbulentos	65
5.23.	Estimación espaciotemporal de productividad primaria de agroecosistemas bajo esquemas de regeneración utilizando teledetección e inteligencia artificial	66
5.24.	Almacén de carbono de los suelos del bosque mesófilo de montaña, Jalpan de Serra, Querétaro	67
5.25.	Almacén de carbono orgánico en suelos con manejo forestal comunitario	68
5.26.	Carbono orgánico superficial en campos agrícolas bajo condiciones de aridez: un ejemplo desde Zapotitlán-Salinas, Puebla	69
5.27.	Existencias de carbono en selvas tropicales con alta presión antrópica	70
5.28.	Pérdida de carbono y materia orgánica en el suelo por un libramiento carretero	71
5.29.	Almacén de carbono en los suelos de la región forestal de Texcoco, Estado de México	72
5.30.	Estimación de la biomasa y carbono de reforestaciones en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey	73

5.31.	Servicio ambiental del bambú <i>Guadua aculeata</i> : potencial de captura de carbono	74
5.32.	Biomasa y carbono subterráneo en un bosque de niebla de la Sierra Madre Oriental, México	75
5.33.	Respuesta de la humedad de suelo a los pulsos de precipitación en el bosque tropical seco del noroeste de México	76
5.34.	Propiedades del suelo y carbono almacenado en un gradiente altitudinal en la Sierra Madre Oriental	77
5.35.	Almacenamiento de agua, C, N y P en el suelo al final de estación seca a lo largo de un gradiente hídrico asociado a <i>Quercus castanea</i> en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México	78
5.36.	Almacén de carbono en la biomasa aérea de plantaciones forestales de pino en la cuenca Amanalco-Valle de Bravo	79
5.37.	Estimación de productividad primaria bruta mediante fluorescencia de la clorofila (SIF) en bosques tropicales secos del noroeste de México	80

Sección 6

SISTEMAS AGROPECUARIOS 81

6.1.	Validación de la evapotranspiración a partir del balance hídrico para cultivo de avena en un clima semiárido	82
6.2.	Efecto de la humedad y temperatura en la respiración del suelo de pastizales ganaderos	83
6.3.	El maguey pulquero, descripción del cultivo y explotación en el Estado de Tlaxcala	84
6.4.	Almacén de carbono en sistemas agroforestales de café en la localidad de Xochiojca, Zongolica, Veracruz	85
6.5.	Biomasa de raíces finas aumenta con la biomasa arbórea en sistemas silvopastoriles de Chiapas, México	86
6.6.	Carbono orgánico del suelo en dos sistemas ganaderos de La Concordia, Chiapas; México	87
6.7.	Evaluación del efecto antimetanogénico de <i>Cymbopogon citratus</i> en novillas en crecimiento	88

6.8.	Efecto de <i>Cymbopogon citratus</i> en la fermentación ruminal in vitro y la producción de metano	89
6.9.	Captura de carbono en los suelos de sistemas de producción de café bajo sombra	90
6.10.	Agricultura de conservación y su efecto en la captura de carbón orgánico del suelo	91
6.11.	Variación del <i>staygreen</i> en 12 genotipos de trigo (<i>Triticum</i> spp) bajo condiciones experimentales de calor	92
6.12.	Biocarbón como sustrato para la producción y reducción de la huella gris en arándanos	93
6.13.	Caracterización de las emisiones de amoníaco, metano y óxido nitroso de actividades agropecuarias en el estado de California, E.U.A.	94



Sección 1
ATMÓSFERA

1.1. Reservas de carbono y flujos de CO₂ y CH₄ en el manglar de Estero Pargo, Campeche

Espinosa-Fuentes María^{1,*}; Cerón-Bretón Julia G.²; Cerón-Bretón Rosa M.²; González del Castillo Eugenia¹ y Peralta Oscar¹

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior S/N. Coyoacán. Ciudad Universitaria, 04510. Ciudad de México, México.

² Facultad de Química. Universidad Autónoma del Carmen. Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, Benito Juárez, 24180. Ciudad del Carmen, Campeche, México.

* Autor para correspondencia: marilu@atmosfera.unam.mx

Resumen

Se evaluó la variación espacio-temporal de los flujos de CO₂ y CH₄ y la reserva de carbono (RC) en el manglar de Estero Pargo (EP), durante un ciclo anual y su relación con las características del suelo. Se consideraron tres periodos climáticos: nortes, lluvias y secas, en cada periodo, se muestrearon 3 micrositios: zona inundada (ZI), zona media (ZM) y zona interior (ZIn). El flujo más alto de CO₂ se registró en la época seca ($6917.4 \pm 1926.8 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) y en la ZIn ($8741 \pm 66.01 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). La época de nortes presento los flujos más altos de CH₄ ($2889 \pm 966.6 \text{ } \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) así como la ZI ($3937 \pm 545.83 \text{ } \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). La RC fue de $359.70 \pm 56.25 \text{ Mg C ha}^{-1}$. La RC no presentó diferencias significativas entre periodos climáticos ($p=0.58$) ni entre sitios ($p=0.87$) pero si entre profundidades ($p=0.003$). El flujo de CO₂ mostro una correlación positiva con la temperatura del suelo y el potencial redox pero negativa con el CH₄. El CH₄ mostro una correlación positiva con el pH y la humedad del suelo y la RC con la materia orgánica, carbono orgánico y la densidad aparente. Los resultados indican que las variaciones en las propiedades del suelo y la zonificación influyen significativamente en la emisión de gases efecto invernadero y en la RC en el manglar de EP.

Palabras clave: *sumideros de carbono, dióxido de carbono, metano, bosques de manglar.*

1.2. Variabilidad estacional de flujos de dióxido de carbono, vapor de agua y energía en un *campus* universitario en Ciudad Juárez, Chihuahua

Pérez-Ruiz Elí Rafael^{1,*}; Vázquez-Gálvez Felipe A.¹; Hernández-García Yazmín G.¹; Flores-Tavizón Edith¹ y Ortínez-Álvarez Abraham²

¹ 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.

² 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

Cambios en las condiciones de la superficie debido a procesos de urbanización causan alteraciones considerables en las interacciones superficie-atmósfera, principalmente debido a la sustitución de elementos naturales materiales con mayor impermeabilidad y capacidad térmica, y al desbalance de fuentes y sumideros de materia y energía. Para entender la dinámica de los flujos superficie-atmósfera en ecosistemas urbanos, en el presente estudio se analiza la variabilidad estacional de los flujos de dióxido de carbono (*FC*), vapor de agua (*ET*, evapotranspiración) y energía (*H*, calor sensible, y *LE*, calor latente) en un *campus* universitario de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en Ciudad Juárez, Chihuahua. Los flujos fueron medidos durante el período de enero de 2020 a agosto de 2022 utilizando un sistema de covarianza de vórtices (*EC*, eddy covariance) instalado a una altura total de 22 m. Se obtuvieron valores diarios de *FC*, así como ciclos diarios para la totalidad del periodo de estudio y las distintas estaciones del año. El comportamiento de los flujos superficie-atmósfera durante las estaciones frías (otoño e invierno) estuvo dominado por el alto consumo de gas natural, con valores positivos (emisión) de *FC* y valores bajos de flujos de calor. Por el contrario, durante las estaciones cálidas (primavera y verano), se encontraron valores altos de flujos de energía, no solo por el incremento de la temperatura si no por el incremento de *ET* debido al reverdecimiento de la vegetación y la constante irrigación de las áreas verdes. Esto último también condujo a periodos prolongados donde la actividad de la vegetación fue capaz de contrarrestar las emisiones de CO_2 , particularmente durante los periodos vacacionales de baja actividad antropogénica. Durante el confinamiento debido a la pandemia de COVID-19 durante 2021 se presentó una disminución de las emisiones de CO_2 , vapor de agua y energía en el sitio. Los resultados obtenidos en este ecosistema urbano muestran un efecto combinado de factores antropogénicos y naturales en la dinámica de los flujos, así como una influencia considerable de la pandemia de COVID-19, sin embargo, datos a mayor plazo son necesarios para poder identificar patrones claros de comportamiento y elucidar los factores que primordialmente influencia los flujos.

Palabras clave: *flujos superficie-atmósfera; área urbana; covarianza de vórtices.*

1.3. Detección de disturbio por eventos extremos en un bosque tropical caducifolio del occidente de México

González-Del Castillo Eugenia^{1,*} y Ortega-Huerta Miguel A.²

¹ Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

² Estación de Biología Chamela, Instituto de Biología, UNAM

* Autor de correspondencia: eu.gonzaranda@atmosfera.unam.mx

Resumen

Los bosques tropicales caducifolios (BTC) del occidente mexicano son ecosistemas notablemente estacionales y altamente transformados. La intensidad de cambio bioquímico y estructural que experimenta su follaje anualmente facilita el estudio de su fenología a través de productos de percepción remota. No obstante, esta misma variabilidad puede dificultar la detección de la respuesta funcional del BTC a eventos climáticos extremos (p.e. sequías prolongadas o paso de ciclones tropicales). En este estudio exploramos la utilidad de un índice de disturbio (ID) creado con dos componentes estandarizados (verdor y humedad) de la transformación lineal *tasseled cap*, aplicada a las reflectancias extraídas del producto MODIS MCD43A4, para el BTC costero de Chamela, Jalisco. A modo de validación de los componentes de la transformación, encontramos que el verdor se correlaciona de manera excelente con un índice EVI2 de banda ancha (Pearson $r = 0.92$) obtenido por encima del dosel, y presenta una buena correlación ($r = 0.79$) con el intercambio neto de CO₂ del ecosistema (NEE), medido a través de la técnica *eddy covariance*. Una combinación de los componentes de verdor y humedad guarda una correlación mediana con el cociente de Bowen ($r = 0.76$) obtenido con la misma técnica. El ID construido presenta claras variaciones asociadas a sequías prolongadas, daños por viento durante el paso de ciclones, y lluvias extraordinarias. Un análisis detallado de su comportamiento en otros sitios y bajo condiciones climáticas diversas, será necesario para validar su uso en la detección de perturbaciones por eventos extremos en los BTC del país.

Palabras clave: *transformación tasseled cap, índice de disturbio, flujo de carbono, percepción remota, eddy covariance, ciclón tropical*

1.4. Torres de flujo urbanas: aplicación y retos

Velasco Erik^{1*}

¹ Molina Center for Energy and the Environment (MCE2), USA

* Autor de correspondencia; evelasco@mce2.org

Resumen

El número de observatorios urbanos equipados con sistemas de covarianza turbulenta para evaluar el intercambio de materia y energía entre la superficie urbana y la atmósfera ha ido en aumento a lo largo de este siglo. Estos observatorios se conocen como ‘torres de flujo’ y con la instrumentación adecuada pueden medir de forma continua y directa flujos atmosféricos de gases de efecto invernadero (e.g., dióxido de carbono y metano) y contaminantes atmosféricos (e.g., compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno y partículas), así como también flujos de calor (i.e., calor sensible y calor latente). Una torre de flujos bien diseñada puede medir flujos provenientes de todas las fuentes de emisión y sumideros dentro de un área de observación de tamaño similar a la de un distrito urbano (500 – 1500 m) con una resolución temporal de 20 minutos a una hora. Su correcta aplicación permite evaluar la precisión de las emisiones de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero reportadas en los inventarios de emisiones construidos con fines de gestión ambiental y mitigación del cambio climático. También permiten estudiar los ciclos biogeoquímicos en las ciudades y evaluar los servicios que brinda la vegetación urbana en términos de secuestro de carbono y evapotranspiración. Asimismo, la medición de flujos de calor a tal escala permite estudiar los procesos de micrometeorología urbana relacionados con el aumento de temperatura que experimentan muchas ciudades en la actualidad. Bajo este marco, en esta presentación, primero examinaremos los principios básicos y requisitos necesarios para erigir una torre de flujos en un entorno urbano. Después revisaremos la aplicación de éstas dentro de la gestión ambiental a través de las torres que hemos empleado en estudios tanto en la Ciudad de México como en Singapur. Esto ante la necesidad de contar con herramientas de monitoreo avanzadas que contribuyan con los esfuerzos del país para abordar de forma informada el cambio climático y contaminación atmosférica.

Palabras claves: *covarianza turbulenta; flujos de carbono; micrometeorología urbana*

1.5. Flujos verticales de carbono del suelo de un manglar bajo restauración y sus controles biofísicos

Reyes-Jiménez Ottmar¹; Alvarado-Barrientos Susana^{2,*}; Vásquez-Reyes Víctor² y López-Portillo Jorge²

¹ Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache. Km 6.5 Carr. Potrero del Llano-Tuxpan, Xoyotitla, Álamo Temapache, Veracruz.

² Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología A.C., Carretera antigua a Coatepec #351 Col. El Haya, Xalapa, Veracruz.

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

Resumen

Conocer la magnitud de los flujos verticales de carbono del suelo, y sus controles biofísicos, contribuye a comprender los cambios funcionales relacionados con el progreso de la restauración de ecosistemas degradados. Con esta intención se utilizó un analizador de gases portátil y cámara dinámica en el suelo de un manglar bajo restauración ecohidrológica. Para determinar controles biofísicos de los flujos, se analizaron parámetros meteorológicos, propiedades del suelo y del agua superficial e intersticial. La emisión promedio para el manglar de transición (una mezcla de árboles vivos y muertos) fue $502.70 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ y $0.91 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$; para el manglar muerto fue $124.60 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ y $0.44 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$; y para los islotes de revegetación fue $180.90 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ y $0.21 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Las emisiones máximas de CO_2 del manglar muerto fueron menores a las reportadas antes de concluir la rehabilitación hidrológica del sitio, señalando que el aumento en el recambio de agua causa menores emisiones de carbono del suelo del manglar. Los controles biofísicos generales para CO_2 y CH_4 fueron el pH del agua superficial, el nitrógeno total del sedimento y la densidad de neumatóforos. Para el CO_2 también fue identificado como control el carbono total del sedimento, y para el CH_4 , la presión atmosférica y la altura de inundación. Esta información habilita la construcción de modelos predictivos de la dinámica del carbono del suelo de manglares, considerados ecosistemas clave para la mitigación del cambio climático.

Palabras clave: *carbono azul; dióxido de carbono, metano; humedal costero; ecohidrología*

1.6. Gradientes de CO₂ atmosférico y su variabilidad en la Ciudad de México a partir de mediciones *in-situ* y simulaciones

Porras Sandra^{1,*}; González-del Castillo E.¹; López O.¹; Arredondo T.¹; García-Reynoso J.A.¹; Laurent O.²; Ramonet M.²; Delmotte M.² y Grutter M.¹

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

² Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), IPSL, UMR CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France

* Autor para correspondencia: sandra.rpz@ciencias.unam.mx

Resumen

Los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero son la principal fuente de datos sobre la distribución espacial y temporal de las fuentes y sumideros de CO₂ en entornos urbanos. En la mayoría de las ciudades del mundo, el impacto de las estrategias de mitigación se evalúa de manera convencional a través de una metodología de inventario que, por naturaleza, está sujeta a altas incertidumbres. En este trabajo, se informa sobre la utilidad de implementar una pequeña red de microsensors de CO₂, que funcionan mediante la técnica de infrarrojo no dispersivo (NDIR, por sus siglas en inglés) en la Ciudad de México, para cuantificar directamente los gradientes y la variabilidad de la fracción molar del CO₂ atmosférico. Las medidas obtenidas se compararon con simulaciones de un modelo de transporte 3D de alta resolución (WRF-Chem), prescrito con mapas de emisiones de CO₂ basados en inventarios a escala de ciudad. El presente estudio se basa en la descripción de la construcción de sensores, la caracterización del desempeño de cada sensor individual evaluado contra un instrumento de referencia y la capacidad de la red para representar la variabilidad espacial y temporal del CO₂ en un entorno urbano complejo. Los resultados preliminares de una calibración multivariante de los microsensors de costo medio utilizando un Picarro G2401 como instrumento de referencia, junto con la temperatura del aire, la humedad relativa y la presión, dan como resultado un RMSE que oscila entre 1 y 5 ppm de CO₂. Se discute el potencial que ofrece esta red de sensores para evaluar si la distribución de fuentes y sumideros declarada en el inventario de la CDMX puede resultar en la variabilidad de las concentraciones de CO₂ medidas en la atmósfera, y la posibilidad de ser utilizada como herramienta para incorporar la contribución de emisiones fuera de la ciudad o emisiones de fuentes móviles que actualmente no se han podido contabilizar en el inventario.

Palabras clave: *CO₂ atmosférico; inventarios de CO₂; microsensors NDIR*

1.7. Variabilidad espacial del intercambio neto del flujo de CO₂ en un bosque tropical seco conservado

Madueño-Moreno Myrbeth G.¹; Sánchez-Mejía Zulia M.¹; Garatuza-Payan Jaime¹; Rojas-Robles Nidia¹; Rivera Miguel¹ y Yépez Enrico A.^{1*}

¹ Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 sur, Col. Centro 85000, Ciudad Obregón, Sonora.

* Autor para correspondencia: enrico.yopez@potros.itson.edu.mx

Resumen

El Bosque Tropical Seco (BTS), se distribuye ampliamente en México, en la mayoría del país se caracteriza por paisajes heterogéneos, esta heterogeneidad influye en los procesos ecosistémicos, uno de ellos es el intercambio neto del flujo de CO₂ (FCO₂). Dicho intercambio de CO₂ se da entre el ecosistema y la atmósfera. En el Noroeste de México el Monzón de Norte América influye en los procesos ecosistémicos a través de pulsos de precipitación. El objetivo de este estudio fue caracterizar el FCO₂ en relación a su procedencia o huella alrededor del sistema de monitoreo (torre micrometeorológica). Para realizar el estudio se utilizó la metodología de covarianza de vórtices. Posteriormente, se realizaron pruebas de ANOVA y Tukey para identificar diferencias significativas entre regiones de procedencia. Los flujos provenientes de la región suroeste (SO) durante el día registran el mayor flujo CO₂ hacia el ecosistema con hasta $-20 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, por otro lado, de la región del noreste (NE) se detectó un menor flujo al ecosistema, e incluso emisiones antes del periodo de lluvias.

Palabras clave: *covarianza de vórtices; Monzón de Norteamérica; selva baja caducifolia*

1.8. Permanencia y producción de rocío en el dosel de plantas de trigo durante un ciclo agrícola en el Valle del Yaqui

Reyes-Hernández Mayte F.¹; Aispuro-Arana Francisco H.¹; Parra-Cámara Oscar¹; Pinto R. Suzuki¹; Rivera-Díaz Miguel A.¹; Garatuza-Payan J.^{1,2} y Yépez Enrico A.^{1,2*}

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

² Sede Regional Sur de Sonora, Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México.

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

Resumen

La condensación de agua en los doseles de las plantas es ubicua. Sin embargo, las implicaciones de este subsidio hídrico no son claras en cultivos altamente tecnificados, como el trigo en el Valle del Yaqui en Sonora, México. En el presente trabajo, utilizamos sensores basados en el principio dieléctrico para aproximar la producción de rocío en doseles de trigo, así como la duración de la presencia de agua condensada en estas superficies. Resultados preliminares sugieren que durante las etapas fenológicas del trigo de embuche, espigamiento y maduración la presencia de agua condensada sucede durante 10 y 12 horas en la noche y en periodos de 15 días en promedio de puede tener una producción de rocío de entre 0.44 mm y 0.55 mm, acumulando aproximadamente 30 mm durante 2 meses. Investigaciones futuras deberán abocarse a comprender las implicaciones de la condensación de agua en el cultivo de trigo.

Palabras Clave: *agua atmosférica, constante dieléctrica, trigo*

1.9. Modelación de las emisiones producidas por incendios forestales en los pantanos de Centla 2016-2019

Cancino-Dominguez Zaimis^{1,*}

¹ Facultad de ingeniería química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ciudad Universitaria Av. Sn. Claudio y, Blvd. 18 Sur Col, Jardines de San Manuel, 72570 Puebla, Pue

* Autor para correspondencia: zaimiscd@gmail.com

Resumen

El alcance transregional de la contaminación atmosférica emitida durante los incendios forestales de mayor impacto en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en Tabasco en los años 2016-2019, es un fenómeno ambiental que afecta a la salud de los seres humanos y contribuye a la alteración a los ecosistemas (aumento de temperatura en la flora, patrones de lluvia, entre otros) , en este estudio se contempló un periodo de propagación de 24 horas a partir de la detección de los puntos de calor, a través del software HYSPLIT se modeló la trayectoria así como la dispersión y deposición del material particulado con diámetro menor a $2.5\mu\text{m}$. El análisis y resultado de las simulaciones permitió conocer las localidades con mayor afectación debido a las concentraciones mayores de $526\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2.5}$ en el aire y su relación con la calidad de vida de la población de acuerdo con el índice Aire y Salud.

Palabras clave: *material particulado; HYSPLIT; contaminación atmosférica; calidad del aire; carbono negro; modelos ambientales*

1.10. An analysis of random errors over the MexFlux Network

Cueva Alejandro^{1,*}; Alvarado-Barrientos Susana²; Ángeles-Pérez Gregorio³; Bullock Stephen H.⁴; Castellanos Alejandro⁵; Delgado-Balbuena Josué⁶; Figueroa Bernardo⁷; Flores-Rentería Dulce⁸; Garatuzza-Payan Jaime⁹; Oechel Walter¹⁰; Pérez-Ruiz Eli¹¹; Sánchez-Mejía Zulia⁹; Velasco Erik¹²; Yépez Enrico A.⁹; Arredondo Tulio¹³; Ibarra-Montes Teresa⁵; López-Reyes Eulogio⁴; Uuh-Sonda Jorge⁹; Cervantes-Jiménez Mónica¹⁴; González-del Castillo Eugenia¹⁵; Guevara-Escobar Aurelio¹⁴; Hinojo-Hinojo Cesar¹⁶; Tarin Tonantzin¹⁷ y Villarreal Samuel¹⁸

¹ Departamento de Ciencias de la Sustentabilidad, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, Tabasco, México.

² Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz, México.

³ Posgrado en Ciencias Forestales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México, México.

⁴ Departamento de Biología de la Conservación, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C., Ensenada, Baja California, México.

⁵ DICTUS, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora. México.

⁶ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar. INIFAP, Ojuelos de Jalisco, Jalisco, México.

⁷ Instituto de Ingeniería de la UNAM, LIPC, Unidad Académica Sisal, Sisal, Yucatán, México.

⁸ CONACyT - Grupo de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Coahuila, México.

⁹ Departamento de Ciencias del Agua y Medioambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México.

¹⁰ Global Change Research Group, San Diego State University, San Diego, CA, USA.

¹¹ Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

¹² Molina Center for Energy and the Environment, Boston, USA.

¹³ División de Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí, S.L.P., México

¹⁴ Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México.

¹⁵ Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM.

¹⁶ Department of Ecology and Evolutionary Biology, The University of Arizona, Tucson, AZ, USA.

¹⁷ Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México City, México.

¹⁸ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México.

* Autor para correspondencia: alejandro.cueva@ecosur.mx

Resumen

Measurements of the exchange of carbon dioxide (F_{CO_2}) and energy fluxes (latent heat and sensitive heat, LE and H, respectively) using the eddy covariance technique (EC) at ecosystem scale have provided unprecedented information on biophysical and biochemical processes of relevance to sustainability, ecology, and climate change. However, like many observations, EC flux measurements are error-prone, and such errors can be categorized as systematic and random errors. Here, we performed a random error (ϵ) assessment on EC flux data collected from 13 measurement sites of MexFlux (<https://mexflux.gitlab.io/>). These sites represent a variety of ecosystem types: shrublands, managed savannas, forests, urban, grassland, and coastal. We used the “daily-differencing” approach, where measurements taken 24 hours apart are used to infer ϵ in flux measurements under similar environmental conditions. The characteristics of ϵ of F_{CO_2} , LE, and H depicted similar statistical distributions with long tails and centered peaks, with a leptokurtic trend rather than Gaussian. Likewise, the distributions of ϵ were symmetrical, with a skewness close to zero across sites and fluxes. Furthermore, ϵ of the three fluxes scales with the flux magnitude and presented a direct relationship with photosynthetic photon flux density, while only ϵ of F_{CO_2} has a decreasing trend with turbulence (u^*). Our results are consistent with those obtained from similar assessments of other flux measurement networks (e.g., Ameriflux, ChinaFLUX). This suggests that random errors on flux data from multiple measurement sites can be equally considered when using, for example, maximum likelihood or Bayesian parameter estimations. This finding means that flux data among and across MexFlux can be used with confidence.

Palabras clave: *uncertainty; maximum likelihood; data assimilation; network interoperability.*



Sección 2
ECOSISTEMAS
ACUÁTICOS

2.1. Efecto de la eutrofización en la concentración y emisión de CH₄ en dos lagos kársticos tropicales

Vargas-Sánchez Mariana¹; Alcocer Javier^{2, *}; Sánchez-Carrillo Salvador³; Soria-Reinoso Ismael F.¹; Rivera-Herrera Erika M.¹; Guzmán-Arias Andrea P.¹; Oseguera-Pérez Luis A.² y Merino Martín⁴.

¹ Programa de Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

² Grupo de Investigación en Limnología Tropical, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, México.

³ Departamento de Biogeoquímica y Ecología Microbiana, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (MNCN-CSIC).

⁴ Laboratorio de Biogeoquímica Acuática, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, Ciudad de México, Mexico.

* Autor de correspondencia: jalcocer@unam.mx

Resumen

El metano (CH₄) es el segundo gas de efecto invernadero (GEI) más importante y en los últimos años se ha encontrado que la eutrofización afecta en gran medida su emisión en aguas epicontinentales. El presente trabajo evalúa la concentración y emisión de CH₄ en dos lagos con diferente grado de impacto antrópico: Tziscaco (prístino) y San Lorenzo (impactado). Se midieron perfiles verticales de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH, así como la concentración de nutrientes, clorofila “a” y CH₄ disuelto. El flujo de CH₄ se midió utilizando cámaras flotantes estáticas y la concentración de CH₄ se estimó por cromatografía de gases. Tziscaco presentó termo y oxiclina profundas y con gradientes menores en comparación con San Lorenzo el cual las presentó más superficiales y con gradientes más pronunciados. La concentración promedio de CH₄ disuelto fue cerca del doble en San Lorenzo ($14.3 \pm 21.15 \mu\text{mol CH}_4 \text{ L}^{-1}$) que en Tziscaco ($8.8 \pm 15.0 \mu\text{mol CH}_4 \text{ L}^{-1}$). El flujo de CH₄ desde la superficie fue mayor en San Lorenzo ($36.8 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) en comparación con Tziscaco ($24.4 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). San Lorenzo recibe efluentes agrícolas y domésticos a través del Río Grande de Comitán, lo cual resulta en el enriquecimiento con nutrientes que ha derivado en su eutrofización. La generación y acúmulo de gran cantidad de biomasa algal en el lago eutrófico aumenta, en este caso al doble, las tasas de metanogénesis y emisión de CH₄. Los resultados señalan que lagos kársticos tropicales son fuentes importantes de CH₄ y que su eutrofización conlleva una elevación importante en la emisión de este importante GEI.

Palabras clave: *gases de efecto invernadero, metano, eutrofización, lagos kársticos, lagos tropicales.*

2.2. Variación temporal y espacial de las concentraciones y flujos de CH₄ en el Río Usumacinta, México

Soria-Reinoso Ismael¹; Sánchez-Carrillo Salvador²; Alcocer Javier^{3,*}; Vargas-Sánchez Mariana¹; y Oseguera Luis A.³

¹ 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.

² Departamento de Biogeoquímica y Ecología Microbiana, Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC (MNCN-CSIC), Serrano 115 Bis, E-28006 Madrid, España.

³ 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 CH₄ hacia la atmósfera. Desafortunadamente, debido a la escasez de información, principalmente de la zona tropical, existe gran incertidumbre en las estimaciones de las emisiones de CH₄ 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 CH₄ debido a la presencia de extensos humedales en la cuenca baja. Sin embargo, no existe información previa que muestre su papel como fuente de CH₄. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la concentración y los flujos de CH₄ hacia la atmósfera a lo largo de la porción mexicana (cuencas media y baja) del Río Usumacinta en las dos épocas hidrológicas contrastantes del año (lluvias -TL- y secas -TS- de 2019). La concentración fluvial y las tasas de evasión de CH₄ para ambas temporadas variaron de 0.06 a 1.19 $\mu\text{mol L}^{-1}$ y de 1.02 a 639.45 $\text{mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, respectivamente, con valores significativamente mayores de CH₄ disuelto durante la TL en comparación con la TS. De forma diferente, los flujos de CH₄ fueron altamente variables y no presentaron diferencias temporales. Todas las estaciones a lo largo del Río Usumacinta presentaron condiciones de sobresaturación de CH₄ con respecto al equilibrio atmosférico, lo cual indica que el Río Usumacinta constituye un emisor neto de CH₄.

Palabras clave: CH₄ disuelto; flujos de GEI; río tropical; Chiapas; México.

2.3. Dinámica biogeoquímica del metano en un ecosistema epicontinental tropical hipertrófico

Gerardo-Nieto Oscar^{1,*}; Merino-Ibarra Martin¹; Valdespino-Castillo Patricia M.²; Ramírez-Zierold Jorge A.¹; Castillo-Sandoval Fermín S.¹; Barjau-Aguilar Mariel³; Lestay-González Julio A.³; Guzmán-Arias Andrea P.³; Sánchez-Carrillo Salvador⁴ y Thalasso Frédéric⁵

¹ Unidad Académica de Ecología y Biodiversidad Acuática, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, México

² Molecular Biophysics and Integrated Bioimaging Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, United States.

³ Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, México.

⁴ Departamento de Biogeoquímica y Ecología Microbiana, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (MNCN-CSIC), España.

⁵ Departamento de biotecnología y bioingeniería, Centro de investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México.

*Autor para correspondencia: oagerardon@gmail.com

Resumen

Los ecosistemas acuáticos epicontinentales, a pesar de solo cubrir el 3.7% de la superficie continental terrestre, son responsables de ~16% de las emisiones totales de CH₄ y del ~15% de las emisiones naturales de CO₂. Caracterizar la dinámica biogeoquímica del CH₄ y CO₂, así como sus variaciones espaciales y temporales, y los principales factores que las afectan, es fundamental para entender y estimar el impacto de estos ecosistemas en el panorama del cambio climático a nivel global. El embalse de Valle Bravo (VB) es un ecosistema tropical impactado antropicamente y es la principal fuente de agua para la Ciudad de México. Se caracterizó la dinámica biogeoquímica del CH₄ y CO₂ en el embalse de VB bajo regímenes de mezclado contrastantes asociados a la variación estacional. Asimismo, se monitoreó la dinámica biogeoquímica de estos gases a lo largo del día, con el fin de conocer la variación diurna-nocturna y el efecto del viento. El régimen de mezclado, y el volumen de la zona anóxica, fueron los dos factores más importantes que afectaron las emisiones anuales de los gases de efecto invernadero monitoreados, entre los cuales el CH₄ liberado durante la circulación constituyó hasta 89% del total de emisiones anuales.

Palabras clave: *variación estacional; estratificación térmica; almacenamiento; circulación; oxiclina.*

2.4. Flujo de carbono orgánico particulado a los sedimentos de un lago tropical kárstico

Rivera-Herrera Erika M.¹; Alcocer Javier^{2,*}; Oseguera Luis A.² y Fernández Rocío²

¹ Programa de Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

² Grupo de Investigación en Limnología Tropical, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalhepantla, México.

*Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

Resumen

Se cuantificó el flujo de carbono orgánico particulado (COP) hacia los sedimentos en Tziscaco, un lago tropical kárstico del Parque Nacional "Lagunas de Montebello", Chiapas. El flujo de COP estuvo en un rango de 588 a 869 $\mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$, siendo menor con respecto al reportado para otros lagos oligotróficos. Adicionalmente se determinaron los flujos hacia los sedimentos de clorofila *a* (Clor-*a*, 206-468 $\mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) y de seston (2.4-17.1 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$). A diferencia del flujo de Clor-*a* y seston, el flujo de COP no presentó diferencias significativas temporales, lo que sugiere que el lago Tziscaco recibe COP alóctono procedente de la zona boscosa que lo rodea.

Palabras clave: COP; clorofila; Seston; "Lagunas de Montebello; Chiapas; México.

2.5. Dinámica estacional e interanual de la biomasa del zooplancton pelágico en un lago tropical, monomítico cálido

Fernández Rocío¹; Alcocer Javier^{1,*} y Oseguera Luis A¹.

¹ Grupo de Investigación en Limnología Tropical, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. De los Barrios 1, Los Reyes Iztacala, CP 54090, Tlalnepantla, Estado de México.

* Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

Resumen

El ensamble que compone el zooplancton pelágico del lago Alchichica, Puebla, es simple y está compuesto por dos especies de rotíferos: *Brachionus* sp. México (relacionada con *el* complejo *plicatilis*) y *Hexarthra* sp. (relacionado con *H. jenkinsae*), así como por *Leptodiptomus garciai*, un copépodo calanoide. La biomasa aportada por cada especie de rotífero fue similar y baja (3 ± 7 mg PS m⁻²) con respecto a la del copépodo ($3,141 \pm 6,015$ mg PS m⁻²). Estacionalmente, la biomasa máxima de *L. garciai* se observó cuando las concentraciones de clorofila fueron más elevadas, esto es, durante los florecimientos invernal y primaveral, la de *Brachionus* sp. México se registró durante la estratificación, asociado con las concentraciones de clorofila más bajas, mientras que la del rotífero *H. jenkinsae* no mostro ningún tipo de tendencia. Este patrón se repitió a lo largo de los 4 ciclos anuales.

Palabras llave: *Brachionus*; *Hexarthra*; *Leptodiptomus*; *dinámica a largo plazo*; *biomasa zooplancton*; *lago Alchichica*; *México*

2.6. Variación intra e interanual de la concentración de clorofila-*a* fraccionada (1998-2019) del lago Alchichica, Puebla

Guadarrama-Hernández Sandra¹; Alcocer Javier^{2,*}; Ardiles-Gloria Vilma³; Oseguera-Pérez Luis² y Quiroz-Martínez Benjamín⁴

¹ 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.

² Grupo de Investigación en Limnología Tropical, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. De los Barrios 1, Los Reyes Iztacala, CP 54090, Tlalnepantla, Estado de México.

³ Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Delegación Coyoacán, C. P. 04510, Ciudad de México.

⁴ Laboratorio de Ecología Numérica y Análisis de Datos, Unidad Académica Ecología y Biodiversidad Acuática. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Delegación Coyoacán, C. P. 04510, Ciudad de México.

*Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

Resumen

Los estudios a largo plazo de la dinámica del fitoplancton en los lagos tropicales son escasos, particularmente, aquellos que consideran la variación por fracción de tamaño. Con el objetivo de identificar las oscilaciones de la concentración de la biomasa fitoplanctónica fraccionada en Alchichica, un lago tropical, oligotrófico y monomíctico cálido, se empleó el análisis de la transformada de ondulitas a una base de datos comprendiendo el periodo 1998-2019. Se analizaron los registros de la concentración de clorofila-*a* (Clor-*a*) integrada de tamaño grande (Clor-*a*-int-L) y Clor-*a* integrada de tamaño pequeño (Clor-*a*-int-S) en función de la zona eufótica (Z_{EU}), la capa de mezcla (Z_{MIX}) y la temperatura del agua. La temperatura promedio del agua fue baja, variando entre 14.1 °C y 24.5 °C. La concentración de oxígeno disuelto (OD) fluctuó desde condiciones anóxicas hasta 13.9 mg L⁻¹. La Z_{EU} varió entre 19 m y 48 m. Las concentraciones de la Clor-*a*-int-L (máx. 999.4 mg m⁻² enero, 2011) y la Clor-*a*-int-S (máx. 206.4 mg m⁻² febrero, 2007) aumentaron cuando la Z_{MIX} fue más profunda. La Clor-*a*-int-L mostró dos periodos característicos, uno anual y uno bienal. Para la Clor-*a*-int-S fue claro solo el ciclo anual. Se reconoció un aumento general de 0.7 °C en la temperatura del lago lo que sugiere evidencia de cambio climático, que se refleja en cambios en la dinámica de la Z_{EU} , observándose una tendencia a la reducción. Las ciclicidades mayores a un año pueden estar relacionadas con forzamientos externos asociados a eventos climáticos tales como El Niño-Oscilación del Sur.

Palabras clave: *biomasa fitoplanctónica, investigación ecológica a largo plazo, monomixis cálida, oligotrofia, México*

2.7. Dinámica espacio-temporal de la biomasa fitoplanctónica en los canales del Polígono Puente de Urrutia, Xochimilco

Capetillo-Colín Fernando¹; Polo-Hernández Alejandro^{1,2}; Ángeles-Vázquez José R.¹; Ferrara-Guerrero María J.^{1,*} y Figueroa-Torres María G.³

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

² Maestría en Ecología Aplicada, Departamento el Hombre y su ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán, CDMX.

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

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

Resumen

La zona lacustre del polígono Puente de Urrutia, debido a su ubicación, presenta zonas con mucha influencia antrópica y otras de conservación. Con el fin de entender la reducción de CO₂ a biomasa primaria, se realizaron muestreos durante la temporada de lluvias (2021) y la temporada de secas (2022) en seis sitios con diferentes actividades humanas. Se relacionaron las variaciones de la biomasa fitoplanctónica y fitobentónica (medida como contenido de clorofila *a*) con el perfil físico-químico (MES, OD, temperatura, turbidez, pH, ORP, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, ortofosfatos, N Total, F Total y COT) de la columna de agua. La concentración de *Cl a* en la columna de agua fue mayor durante la temporada de secas con concentraciones de 58.86 a 363.37 mg m⁻³, en comparación con la temporada de lluvias 9.68 a 195.12 mg m⁻³. En el sedimento superficial la concentración de clorofilas varió de 553.39 a 4 308.07 en época de lluvias y de 11 931.18 a 32 411.81 mg m⁻³ en época de secas, alcanzando concentraciones entre 50 y 100 veces superiores a las obtenidas en la columna de agua. Los valores de *Cl a* en la columna de agua concuerdan con valores obtenidos en una laguna hipertrófica de Valencia, España, que van desde los 117 hasta los 766 mg m⁻³. Se observó que en el sedimento superficial la concentración de feopigmentos fue 150% mayor que los valores de *Cl a*, lo que resalta el papel de los sedimentos como sumideros de carbono orgánico.

Palabras clave: *pigmentos fotosintéticos; humedales; hipertrófico; fitobentos; sedimentos.*



Sección 3
ECOSISTEMAS
COSTEROS

3.1. Almacenes de carbono azul en manglares del ejido El Tarachi, Veracruz

Hernández-Hernández Eliseo^{1,*}; Valdez-Hernández Juan I.²; Gómez-Guerrero Armando² y Valdés-Velarde Eduardo¹

¹ Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México- Texcoco, km 38.5, CP 56230, Chapingo, Estado de México.

² Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Estado de México.

* Autor para correspondencia: e.hernandez.hd@gmail.com

Resumen

Los manglares contribuyen a mitigar el cambio climático secuestrando y almacenando grandes cantidades de carbono azul. Con la planificación y la gestión adecuada, el carbono almacenado tiene la posibilidad de ser un mecanismo de financiamiento para el uso sostenible, la conservación y la recuperación del ecosistema. El objetivo del presente estudio fue determinar los almacenes de carbono arbóreo y edáfico en manglares bajo cuatro condiciones de manejo en el ejido El Tarachi, Veracruz. Se establecieron tres sitios de muestreo en cada condición de manejo de manglar (conservación, manejo silvícola, recuperación y fuera de UMA), en cada sitio de muestreo se identificaron las especies arbóreas y se midió su diámetro normal y altura total, posteriormente se calculó el carbono arbóreo con ecuaciones alométricas. Se obtuvieron muestras de suelo a 0-50 cm de profundidad y se acondicionaron en laboratorio, el carbono orgánico edáfico total se cuantificó con un autodeterminador automático TOC SSM 5050A Shimadzu. Los resultados mostraron que los almacenes de carbono arbóreo fueron similares ($P > 0.05$) en las condiciones bajo conservación ($88.28 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$), fuera de UMA ($64.94 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$) y bajo manejo silvícola ($57.36 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$). El almacén de carbono edáfico fue superior ($P < 0.05$) en el manglar bajo manejo silvícola ($139.10 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Se concluyó que la conservación de los manglares contribuye a conservar los almacenes de carbono en el ecosistema, que el manejo silvícola no repercute de manera negativa en el almacenamiento de carbono y que la recuperación de áreas degradadas resulta en la recuperación de los almacenes de carbono.

Palabras clave: *carbono arbóreo; carbono edáfico; conservación; manejo silvícola; recuperación.*

3.2. Diagnóstico forestal y carbono en una reserva de manglar urbana de Ciudad del Carmen, Campeche

Ochoa-Gómez Jonathan^{1,2,*}; Aguilar-García Josué³; Noyola-López Briseida³ y Acosta-Velázquez Joanna^{1,2}.

¹ Laboratorio de Humedales Costeros, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen, Jardín Botánico Col. Renovación. C.P. 24180. Ciudad del Carmen, Campeche.

² Aura – manglares y costas, S. C. Circuito Azul Cielo 1825, C.P. 82110, Mazatlán. Sinaloa.

³ Ingeniería Forestal, Universidad del Mar, Col. Sector Universidad, C.P. 71880. Puerto Escondido, Oaxaca.

* Autor para correspondencia: jochoa@pampano.unacar.mx

Resumen

Los manglares son ecotonos esenciales para mantener servicios ecosistémicos en las regiones costeras de zonas tropicales. La deforestación y degradación en zonas urbanas o peri-urbanas es uno de los factores de pérdida o modificación de estos servicios ecosistémicos esenciales (e.g., almacenamiento de carbono) que repercuten en la calidad de vida de las comunidades costeras bajo un contexto de cambio global. El presente trabajo se llevó a cabo en un manglar urbano en Ciudad del Carmen, Campeche para analizar el empuje antropogénico y su relación con la estructura forestal y el almacenamiento de carbono aéreo. Se estimaron los parámetros estructurales y se cuantificó la biomasa/carbono en árboles, neumatóforos, madera caída y mantillo en una reserva de manglar dentro de un Área Natural Protegida (i.e., Laguna de Términos) con protocolos internacionales. La reserva de manglar tiene ~10% de vegetación exótica e invasora. Los resultados estructurales se encuentran dentro de lo reportado para los manglares de Ciudad del Carmen ($1,729.2 \pm 473.3$ árboles ha^{-1}) y los resultados sugieren que existe una relación entre la distancia de almacenamiento con las reservas de carbono (208 Mg C ha^{-1}). Esta línea base pretende contribuir al manejo y preservación de la reserva de manglar.

Palabras clave: *zonas urbanas; degradación; biomasa; reserva natural; área natural protegida.*

3.3. Dinámica del carbono inorgánico disuelto en condiciones de invierno en Laguna Ojo de Liebre, Guerrero Negro, B.C.S.

Soto-López Leslie. J.^{1,2,*}; Hernández-Ayón José. M.^{1,2}; Norzagaray-López C. O.²; López-Calderón J. M.¹ y Siqueiros-Valencia A.²

¹ Facultad de Ciencias Marinas

² Instituto de Investigaciones Oceanológicas

* Autor para correspondencia: soto.leslie@uabc.edu.mx

Resumen

La Laguna Ojo de Liebre es uno de los humedales costeros más emblemáticos de la península de Baja California, por su biodiversidad, extensión y uso de sus recursos naturales. Aledaño a la bahía, circulan diferentes masas de agua superficiales que cambian y se desplazan a lo largo de la península de Baja California como resultado de la intensidad y dirección de los vientos, por lo que la variabilidad de las propiedades físicas y químicas de las masas de agua externas, en combinación con las mareas, contribuyen en la bioquímica interna de la laguna. En este estudio se evalúa la dinámica del carbono inorgánico disuelto (CID) en condiciones de invierno a lo largo de la laguna con relación a dos procesos: 1) El efecto de la advección y 2) el efecto de la evaporación. Este último resultaría en cambios de salinidad y por tanto en los cambios del ión bicarbonato el cual es un componente importante del CID. Para este propósito, se colectaron muestras de agua superficiales en doce estaciones que cubren la bahía en noviembre de 2021. Además, en cada estación se realizaron lances con un CTD para generar perfiles de las variables físicas y estudiar la estructura vertical en cada estación. El CID se midió mediante el método de coulometría. Con la información de las variables físicas y del CID se realizaron mapas de distribución superficial para cada variable. Respecto a las variables físicas, se encontró un aumento en el gradiente de la boca hacia el interior de la laguna, tanto en temperatura (T) como en salinidad (S) ($\Delta T \sim 1.9^\circ\text{C}$; $\Delta S \sim 8.5$). Cabe señalar que la salinidad aumentó de 34 unidades hasta 42. La distribución de la salinidad y el CID fue relativamente proporcional, debido a que el bicarbonato es uno de los macroconstituyentes de la salinidad, así como una de las especies más abundantes en el sistema del carbono en el agua de mar debido a su pH, sin embargo, la diferencia cuantitativa en el CID fue significativamente mayor, con un valor de casi $400 \mu\text{mol kg}^{-1}$. El gradiente de CID, se atribuye al proceso de evaporación en el interior de la laguna con relación a procesos físicos como el viento y el tiempo de residencia del agua.

Palabras clave: *dinámica, masas de agua, LOL, CID*

3.4. Estructura de la comunidad fitoplanctónica en relación con procesos de mesoescala en el nivel del máximo de clorofila en la boca del golfo de California

Silva-Herrera Perla G.^{1,*}; Espinosa-Carreón T. Leticia¹; Alonso-Rodríguez Rosalba² y Martínez-Magaña Víctor H.³

¹ Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Sinaloa. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes N° 250, Guasave, Sinaloa, México. C.P. 81101.

² Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mazatlán, Sinaloa, México, 82000.

³ CRIAP Manzanillo, Playa Ventanas s/n, Col. Carretera Manzanillo a Campos Colima, CP 28200, Manzanillo, Colima.

* Autor para correspondencia: perla_svah@yahoo.com

Resumen

El golfo de California es de gran interés oceanográfico por su alta productividad biológica, sus características hidrográficas, climáticas y topográficas. Para comprender los procesos oceanográficos de mesoescala que influyen en la estructura de la comunidad fitoplanctónica, se midió la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila-*a* en la columna de agua y se analizó el fitoplancton en la profundidad del nivel del máximo de clorofila en cuatro estaciones ubicadas en orden progresivo de 1 a 4, de la costa occidental a la oriental, en la boca del golfo de California, durante un crucero oceanográfico a bordo del B/I “Dr. Jorge Carranza Fraser” del Instituto Nacional de la Pesca y Acuacultura el 14 y 15 de noviembre del 2020. Se encontró un nivel del máximo de clorofila somero (<10 m) frente a la costa de Sinaloa, asociado a la presencia de surgencias costeras y otro más profundo (40 m) frente a Cabo San Lucas, tal hundimiento se debe a la presencia de un remolino anticiclónico evidenciado por una termoclina profunda. Estos procesos de mesoescala y las masas de agua del Golfo de California y Subtropical Subsuperficial, favorecieron la mayor abundancia de diatomeas en la costa occidental en la estación 4 con especies pertenecientes al género *Thalassiosira* cuyas adaptaciones le permiten dominar en ambientes turbulentos como el de las surgencias costeras y *Thalassionema*, género propio de aguas tropicales, finalmente cerca de la costa oriental en la estación 2 dominó *Chaetoceros*, abundante en ambientes cálidos y oceánicos como el del remolino anticiclónico observado en este estudio.

Palabras clave: *procesos de mesoescala, máximo de clorofila, comunidad fitoplanctónica y golfo de California.*

3.5. Determinación del horizonte de saturación (Ω_{arag}) mediante datos satelitales en el Pacífico Mexicano

Cupul-Cortés Mariana¹; Coronado-Álvarez Luz de Lourdes A.²; Uribe-López Alicia G.^{1,*}; Hernández-Ayón José M.¹ y Norzagaray-López Orión¹

¹ Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México.

² Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México.

* Autor para correspondencia: alicia.uribe@uabc.edu.mx

Resumen

A partir de datos discretos de carbono inorgánico, temperatura y alcalinidad total se generó un algoritmo lineal para estimar el horizonte de saturación de carbonato de calcio (Ω_{arag}) en el Pacífico Mexicano de manera superficial. Dicho algoritmo fue generado utilizando datos satelitales de temperatura superficial del mar (TSM_{sat}) correspondientes al periodo 2011-2019. Mediante el algoritmo calculado $\Omega_{\text{aragsat}} = 0.0866 * TSM_{\text{sat}}$ se observó una variabilidad superficial del Ω_{aragsat} en el Pacífico Mexicano de aproximadamente 0.8 unidades durante el periodo considerado. Además, con la reconstrucción en el tiempo del Ω_{aragsat} , se observó que los valores más bajos (~ 1.7) se presentaron durante el año 2011 lo cual puede ser asociado al evento de enfriamiento de La Niña 2011.

Palabras clave: *alcalinidad total; datos satelitales; omega aragonita; temperatura*

3.6. Tasas de enterramiento de carbono azul en sedimento de manglar de la laguna de Términos

López-Mendoza Perla G.^{1,*}; Ruiz-Fernández Ana C.²; Sánchez-Cabeza Joan A.²; López-Rosas Hugo³; Cardoso-Mohedano José G.⁴ y Pérez-Bernal Libia H.²

¹ Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. CP 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.

² Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. CP 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.

³ Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, A.C. CP 91070, Veracruz, México.

⁴ CONACYT – Estación el Carmen, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Carr. Carmen-Puerto Real km. 9.5, 24157 Ciudad del Carmen, México

* Autor para correspondencia: pergualome@gmail.com

Resumen

Los manglares tienen la capacidad de secuestrar CO₂ atmosférico para producir y almacenar carbono orgánico (C_{org}) que, eventualmente, puede ser enterrado en los sedimentos y preservarse por largos periodos. Sin embargo, esta capacidad de almacenamiento puede verse alterada debido a cambios en el uso del suelo y la contaminación. Con base en el análisis de núcleos sedimentarios, recolectados en zonas de manglar y fechados con el método de ²¹⁰Pb, se evaluó la variación temporal de las concentraciones y las tasas de enterramiento de C_{org} en los alrededores de laguna de Términos (Atasta Cuenca; Atasta Franja, AF; Pargo Cuenca, PC; Pargo Franja, PF; Boca Chica Cuenca, BCC; y Boca Chica Franja, BCF). Las tasas de acumulación másica (TAM) oscilaron entre 0.01 y 1.48 g cm⁻² año⁻¹, las de acumulación sedimentaria (TAS) entre 0.03 y 1.21 cm año⁻¹; las concentraciones de C_{org} entre 0.26 a 49.02 % y las tasas de enterramiento de C_{org} entre 2.3 y 374.9 g m⁻² año⁻¹. Tanto las tasas de acumulación másica como las tasas de enterramiento de C_{org} incrementaron desde el pasado hacia la fecha de recolección de casi todos los núcleos, y ambas mostraron correlaciones significativas con el crecimiento poblacional del municipio de Ciudad del Carmen, por lo cual se infiere que el aumento en la acumulación de C_{org} en los sitios de estudio está relacionado con una mayor erosión continental, debida al cambio de uso de suelo y la pérdida de cobertura vegetal, asociada a la urbanización de los alrededores.

Palabras clave: manglares, carbono azul, núcleos sedimentarios, ²¹⁰Pb, tasas de enterramiento.

3.7. ¿Son diferentes los suelos de manglares degradados y blanquizales en la Reserva de la Biósfera Los Petenes, Campeche?

Cinco-Castro Siuling^{1,*}; Pech-Poot Eunice¹ y Herrera-Silveira Jorge¹

¹ 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 por los servicios ecosistémicos que proporcionan. Sin embargo, la fragmentación del hábitat por diferentes causas ha ocasionado estragos sobre ellos. Existe la disyuntiva para distinguir entre manglares degradados y otros ecosistemas llamados “blanquizales”. De acuerdo con la experiencia del LPP-CINVESTAV-IPN, las diferencias entre estos grupos pueden ser identificadas utilizando como aproximación la profundidad de materia orgánica visible. Por esta razón, el objetivo de este trabajo es caracterizar los suelos de 11 sitios en la Reserva de la Biósfera Los Petenes (RBLP), previa clasificación de manglares degradados y “blanquizales”. Los resultados indican que, efectivamente, existen diferencias estadísticas entre ambos grupos, tanto en la profundidad de la materia orgánica visible como en el contenido de materia orgánica (%), y en la densidad aparente de los suelos (g cm^{-3}). Esta información representa una herramienta para la toma de decisiones respecto al manejo de manglares en la RBLP, considerando que representan una oportunidad para la implementación de estrategias mitigación, adaptación y reducción de la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático.

Palabras clave: *suelo; manglar degradado; blanquizales; densidad; materia orgánica.*

3.8. Gobernanza multiactor y mercados de carbono aplicados para la conservación, manejo sostenible y restauración de ecosistemas costeros en México

Andrade-Medina Rosalía^{1,*}; Alba-López María P.¹; Ramírez-Pinero Mayitza¹ y Cortés-Gómez Cristina¹.

¹ Resiliencia Azul A.C. Marlin SN SM21 MZ101 LT1, casa 19. Puerto Morelos, Quintana Roo. C.P. 77580

* Autor para correspondencia: r.andrademedina@gmail.com

Resumen

Las comunidades costeras en México son altamente vulnerables a los efectos del cambio climático. Por esto, se han generado estrategias de mitigación y compensación, como los mercados voluntarios de carbono azul, para que empresas e individuos alcancen la neutralidad en sus emisiones de gases de efecto invernadero. En el marco del mercado voluntario de carbono, se encuentra en proceso el diseño de una estrategia efectiva de restauración y conservación basados en esquemas de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+) y restauración (ARR) de 1,044 hectáreas en nueve ejidos en la costa de Chiapas, México. Esta estrategia se desarrolla a través del Fondo L’Oreal para la Regeneración de la Naturaleza y MIROVA, empresa certificada que ofrece soluciones de inversión. La estrategia planteada promueve la búsqueda del rendimiento financiero con el impacto ambiental y social para el ecosistema de manglar y fortalece los medios de vida locales asociados a la pesca, el turismo y la apicultura. Resiliencia Azul OSC sin fines de lucro es el actor encargado de brindar la capacidad organizativa, asistencia técnica y las estrategias para consolidar el capital social. La gobernanza multiactor es clave para crear vías de comunicación, participación e involucramiento con los ejidatarios, los actores gubernamentales de la sociedad civil (ESI) y la academia (ECOSUR) en torno a los recursos naturales costeros y a la colaboración comunitaria. Esta iniciativa tiene el potencial de generar un total de 1,657,421 créditos de carbono para asegurar el monitoreo y la permanencia del carbono, así como el mantenimiento de servicios ecosistémicos estrechamente relacionados con los medios de vida locales.

Palabras clave: *Cambio climático; carbono azul; mercado voluntario de carbono; manglares; gobernanza.*



Sección 4

ECOSISTEMAS MARINOS

4.1. De vuelta al esqueleto: análisis estructural y geoquímico del talo de las algas coralinas rojas (Rhodophyta)

Bautista-García Andrea^{1,2}; Valdespino-Castillo Patricia³; Favoretto Fabio⁴; Pi-Puig Teresa⁵; Tadeo-León Javier⁶; Espinosa-Matias Silvia⁷; Merino-Ibarra Martín⁸ y Blanco-Jarvio Anidia^{1,*}

¹ Laboratorio de Bioingeniería y Ciencias Ambientales, UABCS, México

² Posgrado en Ciencias Marinas y Costeras, UABCS, México

³ Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA

⁴ Center for Marine Biodiversity and Conservation, A.C. (CBMC), México

⁵ Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Instituto de Geología, UNAM, México

⁶ Laboratorio de Espectroscopía Atómica, Instituto de Geología, UNAM, México

⁷ Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido, Facultad de Ciencias, UNAM, México

⁸ Laboratorio de Biogeoquímica Acuática, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México

*Autor para correspondencia: ablanco@uabcs.mx

Resumen

Las algas coralinas marinas son constructoras de carbonatos y son componentes fundamentales de los sistemas marinos al ser especies fundadoras que sustentan gran diversidad biológica. El carbono inmovilizado en los talos calcificados de estas algas es un componente estructural de diferentes tipos de carbonatos, entre ellos, la calcita magnesiana es el mineral más comúnmente reportado. El contenido de otros cationes (además del calcio) en estos biominerales les brinda características particulares. Por ello, los biominerales son objeto de investigación actual, en particular frente a los panoramas de cambio ambiental. En este trabajo utilizamos a las algas coralinas de las pozas intermareales de Calerita (*Neogoniolithon trichotomum*) y los rodolitos del canal de San Lorenzo (Bahía de la Paz, BCS) como modelos para estudiar la microestructura, la diversidad mineral y elemental en microescala. Utilizamos microscopía SEM, determinaciones minerales por difracción de rayos X (XRD y refinamiento Rietveld) y análisis multielemental por ICP-OES. Los análisis SEM muestran que las células de algas coralinas tienen formas regulares que se asemejan a una forma hexagonal, las secciones transversales de los talos revelan diferencias entre el tamaño de las células y el grosor de la pared entre *N. trichotomum* y rodolitos. Los carbonatos (calcitas magnesianas, aragonita, ankerita, siderita y calcita no magnesiana) representan cerca del 98% del contenido mineral total, de los cuales las calcitas magnesianas fueron los principales componentes minerales del talo. En el esqueleto de *N. trichotomum* y los rodolitos se detectó una calcita magnesiana con un contenido de magnesio entre 18-19 mol% Mg, adicionalmente en los rodolitos se detectó otra calcita magnesiana con mayor contenido de magnesio (21 a 27 mol% Mg). También estaban presentes minerales de secuencias evaporíticas tardías (halita, silvita y bischofita), lo que sugiere microambientes halófilos potenciales dentro de los talos de algas. El análisis elemental mostró que el talo *N. trichotomum* está comparativamente enriquecido con Fe y K. Los resultados apuntan a las algas coralinas como modelos interesantes para estudiar las capacidades y cualidades de su microestructura mineral, que será una herramienta de utilidad para proporcionar información sobre cómo estos componentes influyen su respuesta a los cambios globales.

Palabras clave: *algas coralinas, huella geoquímica, biominerales*

4.2. Las zonas oceánicas, mesopelágicas del mínimo de oxígeno y el transporte vertical de carbono

Maske Helmut^{1,*}; Paulmier Aurelien²; Almeda Cesar O.¹ y Thurnherr Andreas M.³

¹ Departamento de Oceanografía Biológica, CICESE, Carretera Tijuana-Ensenada No. 3918, Ensenada, Baja California, CP 22860, México

² LEGOS (IRD/CNRS), Université de Toulouse, Toulouse, France;

³ Lamont-Doherty Earth Observatory, Palisades, New York, USA

* Autor para correspondencia: hmaske@cicese.mx

Resumen

El Pacífico mexicano subtropical forma parte de la zona mesopelágica del mínimo de oxígeno (ZMO) más grande del mundo. La capa del mínimo se extiende desde menos de 100 m de profundidad hasta más de 900 m y las concentraciones de oxígeno se encuentran son al límite de la detección analítica. La capa también muestra una muy alta concentración de nutrientes inorgánicos carbono inorgánico y bajo pH. ¿Como afecta esta capa al transporte vertical de carbón y el secuestro de carbón atmosférico? De un lado la capa expone la capa superficial en contacto con la atmósfera a una alta concentración de CO₂ total, de otro lado, los procesos de oxidación de carbono orgánico de partículas son limitados adentro de la capa del mínimo de oxígeno. El hundimiento de partículas orgánicas constituye la bomba biológica de carbono responsable para secuestrar globalmente aproximadamente 1/4 del CO₂ liberado por el uso antropogénico de combustibles fósiles. Aquí presentamos argumentos de que la ZMO fortaleza la bomba biológica y ayuda en el secuestro de carbono.

Palabras claves: *Zonas oceánicas de mínimo de oxígeno, transporte vertical de carbono, Pacifico mexicano*

4.3. Flujos de CO₂ océano-atmósfera en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano durante Noviembre 2020

Espinoza-Ramírez Isaac¹; Chapa-Balcorta Cecilia^{2,*}; Norzagaray-López Orión³; Hernández-Ayón J. Martín³ y Pérez-España Horacio⁴.

¹ Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Carretera Ensenada-Tijuana No. 3917, Fraccionamiento Playitas, 22860 Ensenada, B.C.

² Instituto de Recursos. Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México.

³ Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México,

⁴ Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, Calle Hidalgo 617, Col. Río Jamapa, C.P. 94290 Boca del Río, Veracruz, México

* Autor para correspondencia: cecilia_chapa@aulavirtual.umar.mx

Resumen

El océano cumple un papel muy importante debido a que funge como almacén del 30% de CO₂ total que es emitido a la atmósfera. Sin embargo, el incremento de las emisiones de CO₂ a la atmósfera ha alterado el intercambio de carbono que se da entre el océano y la atmósfera. El siguiente trabajo tiene la finalidad de generar una línea base de información sobre los flujos de carbono (FCO₂) en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), Veracruz. Se estimó por primera vez en el PNSAV el FCO₂ a partir de datos colectados *in situ* durante un muestreo realizado en noviembre de 2020. Las muestras obtenidas a distintas profundidades fueron analizadas en el laboratorio, donde se midieron las variables de Alcalinidad Total (AT) y pH. Se utilizó el programa CO₂sys_v2.1 para estimar las variables faltantes del sistema de carbonatos: Presión parcial (pCO₂) y Carbono Inorgánico Disuelto (DIC). Los FCO₂ obtenidos, arrojan valores positivos, con valores máximos de 5.40 mmol C m⁻² d⁻¹ y 3.12 mmol C m⁻² d⁻¹ como valores mínimos. En conclusión, la zona de estudio se comportó como fuente de CO₂, lo cual indica una mayor concentración de carbono en el océano y por efecto de la presión, es liberada a la atmósfera. Sin embargo, existe una escasez de información sobre el tema, por lo tanto, generar más estudios, ayudará a una mayor comprensión sobre el intercambio del CO₂ en la interfase océano-atmósfera.

Palabras claves: *intercambio de CO₂; pH; alcalinidad total.*

4.4. Variabilidad espacio temporal de la alcalinidad total estimada a partir de datos satelitales en el Pacífico frente a México

Coronado-Álvarez Luz de L.A.^{1,*}; Hernández-Ayón J. Martín²; Espinos-Carreón T. Leticia² y Norzagaray-López C. Orión²

¹ Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México.

² Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México.

³ Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR- SINALOA, Guasave, Sinaloa, México.

* Autor para correspondencia: coronadolu@yahoo.com.mx

Resumen

La presión parcial del CO₂ (pCO₂) es la variable con mayor cobertura espacial en todos los océanos, alrededor del ~1.4%; mientras que el resto de las variables del sistema de carbonatos cuentan con un número inferior de mediciones. Sin embargo, la generación de información mediante el uso de métodos para la estimación de alcalinidad total (AT) mediante mediciones termohalinas es un campo propicio para contribuir en el conocimiento de este sistema en aquellas zonas donde existan pocos datos, como el Pacífico mexicano (PM). Se recopilieron bases de datos del PM de diversas fuentes que contuvieran temperatura superficial del mar (TSM), salinidad, pCO₂ y alcalinidad total (AT). Asimismo, se estimó la AT en el PM en el periodo de 1993 a 2019, mediante la función LIAR (locally interpolated AT regression), con datos in situ de temperatura superficial del mar (TSM) y salinidad. Se compilieron datos satelitales de TSM (TSM_{sat}) y salinidad (SSS) a partir de los cuales se calculó la AT estacional con la función LIAR. Por lo que se obtuvieron mapas estacionales de AT que mostraron la variabilidad espacio temporal; mostrando que el uso de información de sensores remotos son una pieza clave en la formulación de escenarios, donde las mediciones in situ son escasas o nulas.

Palabras clave: *alcalinidad total; carbono; salinidad; satélites.*

4.5. Distribución espacial de pH y omega aragonita frente a la costa de Oaxaca durante marzo de 2020

Flores-Ramírez Montserrat¹; Chapa-Balcorta Cecilia^{2,*}; García-Burciaga Hugo O.³, Leal-Acosta María L.⁴ y Martínez-Magaña Victor H.⁵

¹ 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.

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

³ Laboratorio de Biogeoquímica Marina. Universidad del Mar *campus* Puerto Ángel. Ciudad Universitaria, S/N, C.P 70902, Oaxaca, México.

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

⁵ Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. CRIAP unidad Manzanillo, Playa Ventanas S/N, Col. Carretera Manzanillo a Campos Colima, Colima, C. P. 28200.

* Autor para correspondencia: cecychb@angel.umar.mx

Resumen

Se realizó una campaña oceanográfica en marzo de 2020 en el sur del Pacífico tropical mexicano a bordo del “Buque de Investigación Dr. Jorge Carranza Fraser” donde se tomaron muestras de agua de mar a diferentes profundidades (3, 25, 50, 75, 100, 200 y 500 m) cuando la batimetría así lo permitió. Se cuantificaron dos variables del sistema de carbonatos; carbono inorgánico disuelto (CID) y alcalinidad total (AT). Con los datos obtenidos de estos análisis fueron calculados los valores de pH y omega aragonita (Ω_{arag}), información que se analiza con el objetivo de conocer si hay afectaciones por la acidificación oceánica en la zona. Se observó la presencia del Agua Superficial Tropical (AST) y el Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt), asimismo se obtuvieron valores de pH de 7.3 y 8.5 y valores de Ω_{arag} de 0.2 y 3.0 por lo que si se observan condiciones de acidificación fuera de la costa del Golfo de Tehuantepec (GT).

Palabras clave: *carbono inorgánico disuelto; pH; omega aragonita*

4.6. Cambios en el carbono del fitoplancton expuesto a la contaminación de petróleo en un experimento de mesocosmos (biorremediación)

Medina-Euán Daniela G.^{1,*}; Juárez-Fonseca Miryam¹; Aguilar-Trujillo Ana C.¹; Merino-Virgilio Fany del C.¹ y Herrera-Silveira Jorge A.¹

¹ Departamento de Recursos del Mar, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), Carretera Antigua a Progreso Km 6, Col. Cordemex, Mérida, C.P. 97310, Yucatán, México.

* Autor para correspondencia: daniela_medina96@hotmail.com

Resumen

En el Golfo de México se han registrado múltiples accidentes petroleros, en el 2010 ocurrió el de la plataforma Deepwater Horizon y recientemente en 2021, se registraron el Ku-Charly y el Ku-Alfa en la Sonda de Campeche. En este estudio se evaluaron los cambios por grupo y tamaños en la abundancia y contenido carbono del fitoplancton expuesto a contaminación de petróleo crudo ligero y fertilizado con nutrientes y consorcios bacteriológicos en un experimento de mesocosmos. El experimento tuvo una duración de 15 días y consistió en tres tratamientos por triplicado (consorcios bacteriológicos, fertilizante y consorcio bacteriológico + fertilizante) y un control (sólo petróleo de 80,000 $\mu\text{g l}^{-1}$). Se cuantificó la concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs), Clorofila *a* (Cl-*a*) y se analizaron e identificaron 72 muestras de fitoplancton; así mismo se midió el tamaño celular para el cálculo de biovolumen y posteriormente se estimó el contenido y flujo de carbono. Para el control su máximo valor promedio de Cl-*a* fue en el T2 ($3.9 \pm 0.32 \mu\text{g l}^{-1}$) y para el consorcio bacteriológico en el T5 ($7.4 \pm 3.26 \mu\text{g l}^{-1}$). En el caso del tratamiento con fertilizante ($189.51 \pm 201.88 \mu\text{g l}^{-1}$) y consorcio bacteriológico + fertilizante ($292.6 \pm 99.21 \mu\text{g l}^{-1}$) su máximo valor fue en el T15. Para la concentración de HAPs, los tratamientos control, fertilizante y consorcio bacteriológico + fertilizante registraron su máximo valor promedio en el T5 ($>1 \mu\text{g l}^{-1}$); mientras que el máximo valor promedio para el consorcio bacteriológico fue en el T0 ($0.87 \pm 0.05 \mu\text{g l}^{-1}$). Los máximos valores de abundancia por grupo y tamaños de fitoplancton se registraron en el T15 en los tratamientos con fertilizante con $>90\%$ de la abundancia relativa, dominado por las crisofitas los cuales pertenecen al grupo del nanoplancton. De igual manera el contenido de carbono celular presentó sus máximos valores al final del experimento en los tratamientos fertilizante y consorcio bacteriológico + fertilizante ($>70\%$). Para el flujo de carbono la mayor tasa de cambio se registró entre el T7 y T10 con un aumento de $>150 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ en los tratamientos con fertilizante. Si bien este experimento mesocosmos se puede usar como “*proxy*” ante un posible derrame de petróleo de gran escala, bajo condiciones naturales hay que considerar otros factores como las escalas espaciales y temporales, la tasa de herbivoría por parte del zooplancton, el rango de tolerancia de cada una las especies del fitoplancton y el impacto antropogénico. Esta es una contribución del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM).

Palabras claves: *fitoplancton, mesocosmos, petróleo crudo, carbono.*

4.7. Flujos de CO₂ aire-mar durante un evento La Niña en las Bahías de Manzanillo y Santiago, México

Sosa-Ávalos, Ramón^{1,*} y Sámano-Rodríguez Clara Aurora²

¹ Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima. Carretera Manzanillo-Barra de Navidad km 20, CP 28860, El Naranjo, Manzanillo, Colima.

² Estación de Investigación Oceanográfica de Cd. del Carmen, Secretaría de Marina. Calle 20 por 17, CP 24130, Colonia El Guanajal, Cd. del Carmen, Campeche.

* Autor para correspondencia: rsosa@uacol.mx

Resumen

Se estimaron los flujos del dióxido de carbono (FCO₂) entre el aire-mar en las Bahías de Manzanillo y Santiago, a partir de variables y parámetros medidos entre diciembre de 2010 y diciembre de 2011 en siete estaciones. La temperatura del agua fue menor entre diciembre 2010 y abril 2011, cuando se registraron las salinidades mayores durante la fase más fuerte de La Niña. La temperatura incrementó en los meses de verano-otoño debido a los cambios estacionales que son más fuertes que la señal interanual (La Niña), mientras que la salinidad disminuyó resultado de aportes de agua dulce por lluvias. La $\Delta p\text{CO}_2$ (presión parcial del agua – presión parcial aire) mostró un comportamiento inverso a las anomalías del índice Multivariado ENSO (MEI) y temperatura, con valores positivos $> 100 \mu\text{atm}$ en la época fría durante La Niña y surgencias costeras, los valores negativos ($-100 \mu\text{atm}$) fueron calculados entre verano y otoño cuando la temperatura fue más alta. Por su parte, los FCO₂ fueron positivos en diciembre 2010 y abril 2011 ($1.3 \text{ mmol C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) como resultado de surgencias costeras que se formaron durante La Niña, permitiendo a las bahías actuar como fuente de carbono hacia la atmósfera. Entre mayo-julio se estimaron valores de $-1.5 \text{ mmol C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ comportándose el ecosistema como sumidero de CO₂. El promedio en el periodo de estudio fue de $-1.12 \text{ mmol C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ lo que indica que las bahías se comportan como sumidero neto de carbono.

Palabras clave: *La Niña, surgencias costeras, fuente-sumidero de CO₂*

4.8. Hipoxia somera en la costa continental del Golfo de California

Sánchez Alberto^{1,*} y Acevedo Thalía¹

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S, México

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

Resumen

Los periodos de hipoxia han incrementado en el número de días y de eventos por año, en aguas relativamente someras (<5 m) e independiente de la época del año en el Golfo de California. El objetivo del presente estudio es determinar el $\delta^{15}\text{N}$ de la materia orgánica sedimentaria para evidenciar su utilidad como trazador de hipoxia en la columna de agua somera en el margen costero de Sinaloa y Sonora. Este margen costero caracterizado por el gran desarrollo de actividades antropogénicas actúa como fuente de materia orgánica al medio marino. Las muestras de sedimento superficial se recolectaron en un intervalo de 8 a 47 m profundidad a lo largo del margen costero de Sinaloa y Sonora. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de la materia orgánica $>8\text{‰}$ caracterizaron a los sedimentos superficiales por debajo de los 15 m profundidad con un enriquecimiento en 2.7‰ para el intervalo de 15 a 50 m de profundidad. El enriquecimiento en ^{15}N de la materia orgánica sugiere condiciones de desnitrificación somera de la columna de agua por encima de los 50 m de profundidad, lo que pudiera estar asociado al incremento en la frecuencia, periodicidad e intensidad de los eventos de hipoxia somera registrados en el Golfo de California.

Palabras clave: *isótopos estables de nitrógeno, hipoxia, materia orgánica, Golfo de California.*

4.9. Masas de agua y carbono inorgánico disuelto en el Sistema Frontal de Baja California Sur en verano de 2019

Espinosa-Carreón T. Leticia^{1,*}, Hernández-Ayón J. Martín², Chapa-Balcorta Cecilia³ y Martínez-Magaña Víctor H.⁴

¹ 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.

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

³ Universidad del Mar, Ciudad Universitaria SN. Puerto Ángel, Oaxaca.

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

* Autor para correspondencia: leticiaesp@gmail.com

Resumen

El Sistema Frontal de Baja California Sur (SFBCS) es una región biológicamente rica y con una oceanografía muy dinámica con estructuras de mesoescala que varían en espacio y tiempo. En verano de 2019 se realizó un crucero oceanográfico donde se tomaron perfiles hidrológicos en 54 estaciones y alícuotas de agua a diferentes niveles de profundidad para la determinación de carbono inorgánico disuelto (CID). Las masas de agua predominantes fueron el Agua Subártica, Agua Transicional, Agua Ecuatorial Subsuperficial y con poca influencia del Agua Tropical Superficial y el Agua Subtropical Superficial, las concentraciones menores de carbono inorgánico disuelto se registraron en estas dos últimas y las mayores en el Agua Intermedia del Pacífico. A pesar de que tener datos consistentes de CID con las masas de agua es importante continuar con los estudios en el SFBCS ya que es determinante la influencia de los forzamientos físico y biogeoquímico.

Palabras clave: *Sistema Frontal de Baja California Sur; carbono inorgánico disuelto; masas de agua.*

4.10. Relación entre la profundidad de la oxiclina y la actividad de mesoescala en la Entrada al Golfo de California

Álvarez-Rodríguez Nerea^{1*}; Trasviña-Castro Armando¹; Cepeda-Morales Jushiro²; Paulmier Aurélien³; Castro-Valdez Rubén⁴; Maske-Rubach Helmut⁵ y Peiffer Loic¹

¹ Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Unidad La Paz, Miraflores No. 334 e/Mulegé y La Paz, La Paz CP 23050, Baja California Sur, México.

² CENITT, Av. Emilio M. González S/N Ciudad del Conocimiento e/Blvd. Colosio y Av. Aguamilpa, Tepic, Nayarit, México

³ LEGOS/CNRS 18, Av. Ed. Belin, 31401 Toulouse Cedex 9, France.

⁴ Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera Tijuana-Ensenada, no. 3917, Fraccionamiento Playitas, CP 22860, Ensenada, Baja California.

⁵ Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Km 107 carretera Tijuana-Ensenada, Zona Playitas, Ensenada CP 22860, Baja California, México.

* Autor para correspondencia: nerea@cicese.edu.mx

Resumen

La Entrada al Golfo de California es una zona de transición donde confluyen varias masas de agua. En la zona superficial se encuentra la masa de agua de la Corriente de California, el agua Superficial Tropical y el agua del Golfo de California. Bajo la superficie se encuentra el Agua Subsuperficial Subtropical. La masa de agua de la Corriente de California a menudo se sitúa a 50 metros por debajo del Agua Superficial Tropical, y se caracteriza por presentar altas concentraciones de oxígeno disuelto. Por el contrario, la masa de Agua Subsuperficial Subtropical, con frecuencia se localiza muy cerca de la superficie provocando una disminución del mínimo de oxígeno, ya que presenta las concentraciones más bajas. En este trabajo mostramos que existe una relación entre la circulación costera y de mesoescala con la profundidad de la oxiclina. Esto se debe que estas estructuras modifican significativamente el grosor de la capa superficial. Los procesos de mesoescala y las surgencias costeras afectan a la distribución vertical del oxígeno disuelto y la profundidad de la Zona del Mínimo de Oxígeno. En este trabajo presentamos ejemplos de la relación entre la oxiclina y la presencia de procesos de mesoescala, incluyendo corrientes costeras, en diferentes estaciones del año. Usamos mediciones hidrográficas de cruceros históricos y datos obtenidos recientemente de cruceros de INAPESCA en la Entrada al Golfo de California. Los resultados muestran que los procesos de mesoescala tienen influencia clara en la profundidad de la oxiclina. En la mayor parte de los casos, se observa una relación entre la oxiclina, la termoclina y la pycnoclina. Esta relación se altera cuando hay intrusiones de las aguas de alto contenido de oxígeno de la Corriente de California.



Sección 5
ECOSISTEMAS
TERRESTRES

5.1. Almacén de carbono en una plantación de *Pinus Greggii*, en la cuenca Amanalco-Valle de Bravo

Mosquera-Sánchez Deicy L.^{1,*}; García-Martínez René². y Godoy-Bautista José A.¹

¹ Institución de educación superior Colegio Integrado Nacional Oriente de Caldas; Cra. 5 n° 6 – 30, Pensilvania Caldas, Colombia.

² División de Ingeniería Forestal, Tecnológico Nacional de México, TES-Valle de Bravo. Carretera Federal Valle de Bravo, Km 30, Ejido San Antonio Laguna, 51200 Donato Guerra, Estado de México, México.

* Autor para correspondencia: rgm1117@gmail.com

Resumen

Las plantaciones forestales son importantes para mitigar el cambio climático porque capturan y almacenan carbono. La zona de estudio se encuentra en la cuenca Amanalco-Valle de Bravo (Latitud: 19.236997°, Longitud: -100.131912°, Elevación: 1993 msnm), Estado de México, México. En 2014 se presentó un incendio forestal y en el siguiente año se instaló una plantación (0.8 ha) con *Pinus Greggii Eglem*. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue estimar la cantidad de carbono (C) almacenado en los árboles de 7 años. Esta zona está ubicada en un bosque de transición con un clima templado y cálido, temperatura media anual de 18.7°C y una precipitación de 885.1 mm. Se realizó un censo al arbolado y se midieron el DAP (cm), altura total (m), diámetro de copa (m), área basal (m²), volumen total (m³), área basal total (m²), biomasa total (Mg) y C total (Mg). A los datos se les calcularon medidas de tendencia central, dispersión y análisis de correlación. Los árboles presentaron las siguientes características: DAP (7.5±2.5 cm), altura total (5.8±1.5 m), diámetro de copa (3.2±4.2 m), Biomasa (28±31 kg árbol⁻¹), C (14±15.4 kg árbol⁻¹), Área basal total (0.44 m²), Volumen total (1.97 m³) y C total (1.224 Mg). Se encontró una correlación de r= 0.6 entre la altura total y el DAP. En conclusión, dado que los individuos de la plantación son jóvenes, la cantidad de C almacenado es bajo. Sin embargo, tienen un gran potencial para capturar y almacenar carbono porque se encuentran en un área de conservación.

Palabras clave: *captura de carbono; plantaciones forestales; cambio climático; incendios forestales; restauración forestal.*

5.2. Distribución espacial de biomasa aérea en bosques bajo aprovechamiento maderable en Hidalgo, México

Cortés-Sánchez Bossuet G.¹; Ángeles-Pérez Gregorio^{1*}; De los Santos-Posadas Héctor M.¹; Valdez-Lazalde José R.¹ y Soriano-Luna María de los Ángeles².

¹ Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

² Servicio Forestal de Estados Unidos. Programa México, Programas Internacionales – Gerencia técnica del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV), CONAFOR. Periférico Poniente, San Juan de Ocotán, Jalisco.

*Autor para correspondencia: gangles@colpos.mx

Resumen

Determinar el contenido de biomasa que almacena el paisaje forestal es una actividad esencial para evaluar su contribución a la mitigación del cambio climático. El empleo de sensores remotos ha coadyuvado a evaluar los recursos forestales, a través de provisión de información detallada y de la determinación de la variabilidad espacial de la biomasa en diferentes periodos de tiempo. Asimismo, la información derivada de sensores remotos permite evaluar el estado actual de las reservas de biomasa en ecosistemas forestales, así como su evolución a través del tiempo. El objetivo del estudio fue cuantificar la biomasa aérea y su distribución espacial a través del empleo de imágenes espectrales del sensor Landsat 8 OLI, en bosques bajo gestión forestal maderable en Hidalgo, México. Se seleccionaron escenas para los años 2013, 2014, 2016, y 2019 correspondientes a la estación seca del año en la zona de estudio y se recopiló información de inventario en esos mismos años. Se utilizó información de las bandas espectrales para determinar la biomasa aérea, relacionando la biomasa estimada mediante de inventario tradicional e información del sensor, a través índices de vegetación (IV) y bandas espectrales como variables explicativas. Se evaluaron tres métodos de regresión: Regresión Lineal, Modelos Aditivos Generalizados (GAM) y Bosques Aleatorio (RF). Los modelos Ajustados explican del 30 al 76 % de la variabilidad de la biomasa, con un RMSE de 57.4 a 32.93 Mg ha⁻¹. El algoritmo de RF fue el que presentó el mejor desempeño entre los modelos evaluados. Se estimó una biomasa promedio para los cuatro periodos de medición de 103,546.22 (±2,437.39) Mg con un promedio de 135 Mg ha⁻¹. Para cada año evaluado se generó un mapa de distribución de biomasa mostrando la evolución de la densidad de biomasa ocasionado por la gestión forestal en área de estudio.

Palabras clave: *Landsat 8, métricas texturales, índices de vegetación, manejo forestal, monitoreo forestal.*

5.3. Estimación del carbono orgánico de suelos forestales en proceso de restauración

González-Flores Martín^{1,*}; Villegas-Romero Isidro^{2†} y Macedo-Cruz Antonia³

¹ Departamento de Suelos y Compensación Ambiental, Comisión Nacional Forestal, Promotoría Estatal de Zacatecas. Blvr. José López Portillo 716, Las Arboledas, 98618 Guadalupe, Zac.

² División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México – Texcoco Chapingo, Texcoco, Estado de México CP 56230.

³ Postgrado en Hidrociencias, Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

*Autor para correspondencia: gofm@outlook.es

Resumen

Se analizó la relación de tres unidades de suelo en proceso de restauración y el porcentaje de cobertura vegetal con la cantidad de carbono orgánico (COS) presente en el Campo Forestal Experimental las Cruces (CFEC) de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. Por lo que se diseñó un muestreo aleatorio estratificado en 29 unidades geomorfológicas denominadas Unidades Muéstrales (UM). Para el muestreo se consideró 95% de confianza y 0.05% de error. De las submuestras de suelo obtenidas en cada UM, se obtuvo una muestra compuesta de la que se estimó la cantidad de materia orgánica y la cantidad de carbono orgánico (COS) por ha. Para explicar la relación del COS con la cobertura vegetal, se delimitaron unidades de vegetación mediante una clasificación supervisada de imágenes satelitales sentinel 2a a una resolución de 10m. La cantidad de COS y el porcentaje de cobertura vegetal se agruparon por unidad de suelo y por UM para su análisis. Los resultados indican que los suelos de tipo cambisol almacenan 146.79 mgC/ha-1, seguido de leptosol con 137.55 y feozem con 112.6 mgC/ha-1. La cobertura vegetal de la plantación de *Cupressus lusitánica* y la plantación mixta de *Eucaliptus sp* se relaciona positivamente con la cantidad de COS por lo que se concluye que el contenido de COS en el CFEC tiene relación directa con el tipo de suelo y el porcentaje de cobertura vegetal.

Palabras clave: *unidades de suelo, geomorfológico, carbono orgánico.*

5.4. Almacén de carbono en la etapa inicial de crecimiento de árboles de *P. patula* y *P. pseudostrobus*

García-Martínez R.^{1*}; Hernández-Soto F. N.¹; García-Urbina J.¹; Dionicio-Vidal D.¹; Casas-Castellanos A.L.¹ y Estrada-Reyes A. M. C.¹

¹ 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

El calentamiento global y cambio climático está ligado a las actividades antropogénicas que emiten CO₂ a la atmósfera. Como estrategia para mitigar estos fenómenos se ha propuesto la instalación masiva de plantaciones forestales. En este sentido, el objetivo del trabajo fue evaluar la capacidad de almacén de carbono en la etapa inicial de desarrollo de los árboles de una plantación forestal. En septiembre de 2016 se instaló una plantación forestal de *Pinus patula* y *Pinus pseudostrobus*, en la comunidad de San Sebastián el Grande, Amanalco, Estado de México. Se encuentra dentro de la Cuenca Amanalco-Valle de Bravo. Las características de la fertilidad del suelo al momento de la instalación fueron: pH (5.7), C.E. (0.09 dS/m), M.O. (6.1 %), N (0.28 %), P (26.6 mg/kg), K (0.41 meq/100 g), Ca (6.10 meq/100 g), Mg (5 meq/100 g), Na (3.1 meq/100 g), Fe (9.5 mg/kg), Cu (0.2 mg/kg), Mn (1.6 mg/kg) y Zn (0.1 mg/kg). En enero de 2022 se realizó un muestreo donde midió el diámetro normal y la altura de 50 árboles elegidos al azar. La biomasa se calculó utilizando la ecuación alométrica ($\text{Exp}[-2.818] \cdot [\text{DBH}^{2.574}]$) generada por Navar (2010) para el género *Pinus*. Como resultados se obtuvo que el carbono almacenado promedio fue de 20.1 kg/árbol (rango: 0.5 – 118 kg/árbol). Los árboles presentan una variación amplia entre individuos tanto en diámetro como en altura. A la fecha la plantación almacena un total de 22.3 Mg ha⁻¹ de carbono. Sin embargo, al encontrarse en una etapa inicial de crecimiento, tiene un potencial considerable para acumular C porque en la región los árboles se cosechan entre los 16-20 años.

Palabras clave: *plantaciones forestales, captura y almacén de carbono, cuenca Amanalco-Valle de Bravo.*

5.5. Respuesta de la respiración del suelo al incremento de la temperatura durante incubación

Guillén-Cruz Gabriela¹ y Flores-Rentería Dulce^{2,*}

¹ 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.

² 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.flores@cinvestav.edu.mx

Resumen

Para finales de este siglo, se pronostica que la temperatura global promedio aumentará entre 1.4 y 5.8 °C. Los efectos del incremento en los sistemas agrícolas de tierras secas son complejos y varían en el tiempo y aún no hay consenso sobre cómo afectará la dinámica del carbono. Por ello, se requiere investigar la influencia del aumento de la temperatura sobre la tasa de respiración inmediata de los suelos (R_s) agrícolas en Cuatro Ciénegas (CC). Suelos de seis campos agrícolas se incubaron durante 17 días a la temperatura media de la temporada de crecimiento del sitio de estudio (36.4 °C) y bajo dos escenarios de cambio climático (incremento de 1.5 y 3 °C). Los resultados mostraron que el aumento de 1.5 °C afectó positivamente la R_s , durante los dos primeros días de incubación y en los siguientes tres días disminuyó en un 18.53%, atribuido a la aceleración en la tasa de descomposición de la materia orgánica. La R_s también siguió un patrón de aumento y disminución a lo largo del tiempo del escenario de 3 °C, atribuido a la muerte y el reemplazo de la comunidad microbiana. Bajo un escenario de calentamiento global, se espera que los suelos agrícolas de CC pierdan más carbono lábil. Es decir, cuando la temperatura del aire aumenta en 1.5 °C y 3 °C, se liberará un 66% y un 50% más de CO₂ del suelo, respectivamente. Este porcentaje ayudará a ajustar los modelos nutricionales para reponer el C perdido por el incremento de respiración.

Palabras clave: *cambio climático, incremento de temperatura, respiración del suelo, zonas áridas.*

5.6. Comparación de modelos del uso eficiente de luz para la estimación del GPP en México

Domínguez-Eusebio Carlo A.^{1,*} y Alvarado-Barrientos Susana¹

¹ Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología A.C. Carretera antigua a Coatepec 351, Col. El Haya, CP 91073, Xalapa, Veracruz.

*Autor para correspondencia: carlo.deusebio@ecología.edu.mx

Resumen

Ante la crisis climática causada por alteraciones antropogénicas al balance de energía superficial y por el aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera, es imperante evaluar las llamadas “soluciones climáticas naturales” como son la conservación y restauración de los ecosistemas. Estas soluciones se basan en fijación de CO₂ a través de la productividad primaria bruta (GPP en inglés) por los ecosistemas. El método covarianza de torbellinos (EC en inglés) es un método de vanguardia y altamente confiable para cuantificar los flujos verticales (biósfera-atmósfera) de carbono, sin embargo, su uso extensivo en campo es limitado por su alto costo. La información obtenida por el EC puede ser usada para evaluar modelos espaciales de GPP, los cuales son complementarios para extender temporal y espacialmente las observaciones esta técnica. En este trabajo se evaluaron cuatro modelos basados en la eficiencia de uso de luz (LUE) para la cuantificación del GPP, contrastándolos con observaciones de EC en tres ecosistemas mexicanos: matorral árido, bosque seco primario, y manglar tropical. En general, todos los modelos siguieron el patrón estacional de las observaciones de GPP, siendo el VPM la una mejor estimación, con un R² promedio de 0.75. El matorral árido presentó en general el mejor ajuste a los modelos evaluados. Además, el modelo VPM requiere menor cantidad de información de campo, por lo que su aplicabilidad en México tiene potencial para contribuir con los inventarios de gases de efecto invernadero y evaluar con precisión los bonos de carbono de ecosistemas del país.

Palabras clave: *Eddy covariance; Landsat; MexFlux; productividad primaria bruta; fotosíntesis.*

5.7. Estimación de productividad primaria bruta mediante fluorescencia de la clorofila (SIF) en bosques tropicales secos del noroeste de México

Méndez-Barroso Luis A.^{2,*}; Jurado-Méndez Marina¹; Aispuro-Arana Francisco H.¹; Fuentes-Serna Axel B.¹; y Yépez-González Enrico².

¹ Posgrado en Ciencias en Recursos Naturales. Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de febrero 818, Centro, CP 85000. Ciudad Obregón, Sonora.

² Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente.. Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de febrero 818, Centro, CP 85000. Ciudad Obregón, Sonora.

* Autor para correspondencia: luis.mendez78585@potros.itson.edu.mx

Resumen

La estimación de producción primaria bruta (GPP) sigue siendo un desafío importante en el ciclo global de carbono. Durante décadas se han desarrollado diversos métodos para estimar GPP basados en percepción remota, principalmente sensores ópticos. Sin embargo, la alta resolución espacio-temporal y la baja relación señal-ruido de los datos, dificultan su aplicación en ecosistemas fragmentados afectando la estimación de GPP. La fluorescencia de clorofila inducida por el sol (SIF) es una señal emitida durante el proceso fotosintético a nivel molecular, lo cual representa una ventaja sobre la medición de la productividad con métodos ópticos tradicionales. En este estudio se desarrollaron dos modelos para la estimación de GPP basados en la relación de GPP a escala de ecosistema y estimado por medio de la técnica de covarianza de vórtices (GPP-EC) y datos de percepción remota de SIF. Los datos de GPP se obtuvieron de dos equipos de medición de EC instalados en un bosque tropical seco en el Noroeste de México durante los años 2016-2020. Los datos de SIF se obtuvieron del Instrumento de Monitoreo de la Troposfera (TROPOMI) y del Observatorio de carbono en órbita 2 (OCO-2), ambos disponibles para el sitio de estudio y con resolución temporal de un día. Los resultados muestran una estrecha relación lineal entre GPP-EC y SIF, destacando TROPOMI con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.92 y una mejor resolución espacial (3x7 km). Los modelos desarrollados para la estimación de GPP tuvieron un excelente desempeño en la calibración con R^2 entre 0.91 y 0.92 y mostrando un deterioro en la validación con R^2 entre 0.73 y 0.83. El presente trabajo muestra una alternativa para la medición de GPP en estos ecosistemas altamente estacionales.

Palabras clave: *productividad primaria bruta; modelación; reservas de carbono; bosques caducifolios.*

5.8. Estrategias en el uso de agua de cuatro especies de plantas de un matorral xerófilo de Sonora, México

Juárez-Herrera Lizeth^{1,*}; Tarin Tonantzin² y Yépez Enrico A.³

¹Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

²Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

³Instituto Tecnológico de Sonora. Departamento de ciencias del agua y del medio ambiente.

*Autor para correspondencia: liz.juarez@ciencias.unam.mx

Resumen:

Los ecosistemas áridos y semiáridos se caracterizan por presentar tasas bajas de precipitación, alta radiación solar y altas temperaturas. En la temporada de lluvias la disponibilidad de agua en el suelo es aprovechada por la vegetación y ésta a su vez incrementa la asimilación de carbono y por lo tanto la productividad primaria neta de los ecosistemas áridos y semiáridos. Para que el agua se mueva a través de las plantas en el continuo suelo-planta-atmósfera se necesitan una serie de fuerzas que en conjunto se pueden expresar como “potencial hídrico”. Los potenciales hídricos en las plantas dependen de la disponibilidad de agua y de la estrategia del uso del agua de la planta. Existen dos estrategias del uso del agua en la vegetación: 1) el comportamiento isohídrico, que está determinado por un control estricto de la transpiración y 2) el comportamiento anisohídrico en donde las plantas no tienen un control estricto de la transpiración. El objetivo del presente trabajo es definir las estrategias en el uso del agua (isohídricas y anisohídricas) en cuatro especies de plantas predominantes (*Fouquieria macdougalii*, *Acacia cochliacantha*, *Parkinsonia praecox* y *Jatropha cordata*) en un matorral xerófilo que se ubica en una zona semiárida de Sonora. Los resultados del presente trabajo contribuirán a generar conocimiento básico sobre el aprovechamiento, manejo y flujo de agua en las plantas, lo cual ayude a establecer umbrales de sobrevivencia a eventos extremos como la sequía.

Palabras clave: *potencial hídrico; isohídrico-anisohídrico; zona semiárida, carbono, productividad primaria.*

5.9. Producción mensual de hojarasca en tres tipos de vegetación en Villaflores, Chiapas, México

Ruiz-Corzo Roldan^{1,*}; Aryal Deb R.²; Venegas-Sandoval Andrea¹; Diaz-Nigenda Emmanuel¹ y Velázquez-Sanabria Carlos A.³

¹ Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático. Av 1a. Sur Pte No. 1460, Col. Centro, Caleras Maciel, CP. 29000 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

² CONACYT-UNACH, Facultad de Ciencias Agronómicas. Carretera Ocozocuatla-Villaflores, km 84.5, CP. 30470 Villaflores, Chiapas.

³ Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agronómicas. Carretera Ocozocuatla-Villaflores, km 84.5, CP. 30470 Villaflores, Chiapas.

* Autor para correspondencia: ruizc.roldan@gmail.com

Resumen

Los ecosistemas forestales proveen una amplia gama de servicios ecosistémicos, pero sufren cambios a través del tiempo por causas antropogénicas y naturales. La dinámica de la producción de hojarasca forma parte del funcionamiento de los ecosistemas forestales. El objetivo de este estudio fue analizar la dinámica mensual de producción de hojarasca en tres ecosistemas forestales en un gradiente de elevación. La cuantificación de la dinámica mensual de hojarasca se realizó de enero a julio de 2022, en bosque de pino, encino y selva baja del Cerro Nambiyugua, Villaflores, Chiapas. En cada ecosistema se estableció cuatro sitios de muestreo con un radio de 11.28 m. En cada sitio, se instalaron 16 trampas colectoras de 0.50 m² colocadas a un metro de altura del suelo. Para el secado de las muestras, se utilizaron bolsas de papel estraza y se colocaron en estufa a 60 °C durante 72 horas. Las mayores cargas de producción de hojarasca se obtuvieron en el mes de enero con 1.38 ± 0.19 t ha⁻¹ en el ecosistema de pino. El ecosistema de encino la mayor producción lo obtuvo en el mes de marzo con 1.15 ± 0.25 t ha⁻¹ y la selva baja obtuvo su mayor producción en el mes de enero con 1.05 ± 0.28 t ha⁻¹, con una tendencia en disminución al mes de junio 0.14 ± 0.04 t ha⁻¹. Los resultados del presente estudio pueden ser útiles en planificación de manejo de combustibles forestales, incendios forestales y almacenamiento de carbono.

Palabras clave: *producción primaria; combustibles forestales; gradiente de elevación; ecosistemas forestales.*

5.10. Cuantificación de acervos de carbono contenidos en bosques de la región Cofre de Perote, Veracruz

León-Mateos María L.¹ y Mendoza-Marín Julio C^{2,*}

¹ Coordinación bosques y agua. SENDAS A.C. Camino a San Antonio Hidalgo, número 3, localidad de Rancho Viejo, municipio de Tlalnelhuayocan, Veracruz, C.P. 91230.

² Vinculación y comunicación, agenda agua. SENDAS A.C. Camino a San Antonio Hidalgo, número 3, localidad de Rancho Viejo, municipio de Tlalnelhuayocan, Veracruz, C.P. 91230.

* Autor para correspondencia: jmendozam_@hotmail.com

Resumen

Los resultados que se exponen derivan del trabajo en conjunto entre la asociación civil SENDAS y 7 ejidos y 1 predio particular ubicados en la región circundante al Parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz. Esta iniciativa atiende a las reglas y métodos establecidos en el Protocolo Forestal para México (PFM), en su versión 2.0, diseñado por la Reserva de Acción Climática, cuyo enfoque de cuantificación se centra en la captura de carbono aéreo. Si bien el instrumento tiene varios elementos que aluden a cuestiones administrativas, económicas y sociales, el contenido de las siguientes páginas se centra en los datos que emanan de inventarios forestales y del análisis de los datos recabados a partir de ecuaciones alométricas que alberga el programa calkbosk, esto con el fin de calcular el tonelaje de carbono retenido en los árboles, al tiempo de hacer proyecciones futuras sobre el potencial de captura de las áreas de interés. Así mismo, tales hallazgos se toman como punto de partida para discutir las vicisitudes que giran en torno a la valoración de acervos de C, puesto que, en lo competente al algoritmo del programa calkbosk, en casos que tienen que ver con bosques de coníferas el sistema puede ser ajustado en función del crecimiento en milímetros por año, pero en lo que respecta al bosque mesófilo de montaña o selvas, su variedad, y en ocasiones, la escasez de información técnica que atiende a las singularidades de determinadas zonas, hacen que se complique dicha tarea.

Palabras clave: *Protocolo Forestal para México; programa calkbosk; captura de carbono forestal.*

5.11. Cambios en la composición florística en el desierto chihuahuense bajo diferentes escenarios de cambio climático

Cab-Sulub Leticia¹; López-Vázquez Víctor H.¹; Díaz-Chavero Eleazar¹; Alfaro-Reyna, Teresa¹; Delgado-Balbuena Josué^{1,*}

¹ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 8.5, Carreterra Lagos de Moreno – Ojuelos de Jalisco, 47563 Ojuelos, Jalisco.

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

Resumen

El desierto Chihuahuense (DC) es un ecosistema con características biológicas y ecológicas únicas; los tipos de vegetación predominantes son los pastizales (dominado por gramíneas) y matorrales (dominado por arbustivas). Los pastizales (con ruta metabólica C₄) son considerados importantes sumideros de carbono al moderar el CO₂ liberado a la atmósfera, además poseen gran resistencia a condiciones de aridez y a altas temperaturas. Por su parte, los matorrales (con ruta metabólica C₃) son menos eficientes en el uso del agua y absorción de CO₂. En la actualidad existe una tendencia hacia el incremento de productividad en las zonas áridas a nivel global, una de las hipótesis para este incremento es la expansión de especies arbustivas y el reemplazo de pastizales por matorrales, por lo que este trabajo investiga cual es el riesgo de cambio en la composición de especies bajo diferentes escenarios de cambio climático. En este sentido se realizaron modelos de nicho ecológico de seis especies características de los pastizales y matorrales del DC y se proyectaron a escenarios climáticos futuros. Los modelos sugieren que en el futuro la disponibilidad climática para las especies de matorrales aumenta y para las especies de pastizales la idoneidad climática disminuye. Los escenarios de cambio climático estiman alteraciones en la precipitación y temperatura, por lo que se puede prever cambios en la composición florística del DC. Sin embargo, los factores antropogénicos, como el cambio de uso de suelo, sobrepastoreo y supresión de fuego, también son relevantes en la composición vegetal del Desierto Chihuahuense.

Palabras clave: *cambios en la vegetación; modelos de nicho ecológico, plantas C3 y C4.*

5.12. Distribución vertical del carbono orgánico atmosférico fijado en el suelo en el Volcán Tláloc, Sierra Chichinautzin, CdMx

López-Blanco Jorge¹; Rodríguez-Gamiño Lourdes^{2*}; Vela-Correa Gilberto³ y Ferreira-Ocaña Marina¹

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

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

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

*Autor para correspondencia: lulugamino@hotmail.com

Resumen

Se determinó la concentración de carbono atmosférico fijado en el suelo en siete perfiles en el Volcán Tláloc, Sierra Chichinautzin, CdMx. Se caracterizó la morfometría del relieve en cada perfil, su origen, tipo, unidad morfogénica, litología y cronología. Para cada perfil se realizó una calicata y se hizo su descripción morfológica, se tomó muestra de cada horizonte. En laboratorio se obtuvo la densidad aparente (D_a) y carbono orgánico (CO). El COS se calculó con base en la ecuación: $COS = CO * D_a * P_s * Sup$. La distribución vertical del COS atmosférico fijado en el suelo, para los siete perfiles y sus horizontes correspondientes, se expresó en una gráfica combinada. Los resultados muestran que la porción superior del Tláloc (Pf-2), de relieve endógeno volcánico acumulativo de laderas de montaña *superiores* de flujos lávicos de basalto, andesita y depósitos piroclásticos, del Holoceno, es el principal reservorio de CO_2 atmosférico fijado en suelo, con un valor total de 60.8 kg m^{-2} , y valores máximos en sus horizontes A13 y A12 ($22.1/17.4 \text{ kg m}^{-2}$). Los valores más bajos están en los perfiles Pf-4/Pf-5 (2.9 y 3.1 kg m^{-2}) de relieve endógeno volcánico acumulativo de laderas de montaña *inferiores* de flujos lávicos de basalto, andesita y depósitos piroclásticos, del Holoceno.

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

5.13. Cambios temporales de índices de vegetación en dos tipos de matorrales del desierto chihuahuense

Delgado-Balbuena Josué^{1,*}, Cab-Sulub Leticia¹; López Vázquez Víctor Hugo¹; Díaz Chavero Eleazar¹, Rodríguez-Moreno Víctor M.², Alfaro-Reyna Teresa¹

¹ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 8.5, Carr. Lagos de Moreno – Ojuelos de Jalisco, 47563 Ojuelos, Jalisco.

² Campo Experimental Pabellón-INIFAP. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, 20670 Pabellón de Arteaga, Aguascalientes.

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

Resumen

Los ecosistemas áridos controlan la variabilidad interanual y la tendencia al incremento de la productividad global observada recientemente en los ecosistemas terrestres. Este incremento podría deberse al cambio en la cubierta de especies de plantas, de gramíneas a arbustivas, ocasionados por el cambio climático y la sobreutilización de agostaderos. Con el objetivo de identificar los cambios en la productividad del Desierto Chihuahuense (DC), se realizó un análisis temporal del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y del índice de vegetación mejorado (EVI), como las medidas relacionadas con la productividad, en el matorral crasicaule y el matorral desértico rosetófilo. Los datos se dividieron en tres periodos: febrero – mayo (T1), junio – octubre (T2) y noviembre – enero (T3) para diferenciar fenológicamente las arbustivas perenes o con desarrollo vegetativo anterior a las lluvias de verano de las gramíneas o herbáceas. Se utilizaron los productos MODIS NDVI y EVI a 250 m de 2000 a 2021. Como resultados, se observó un incremento en el NDVI y EVI en la T1 principalmente en la parte sur del DC, mientras que hubo una tendencia decreciente en ambos índices en la T2. El matorral crasicaule mostró mayor cambio positivo durante la temporada 2 y 3, mientras que el matorral desértico rosetófilo incrementó mayormente durante las temporadas 1 y 3. Existe una tendencia positiva de incremento en los índices de vegetación en el DC; sin embargo, esta depende del tipo de ecosistema, por lo que es necesario identificar los controles bióticos y ambientales que generan tales diferencias.

Palabras clave: *cambio de especies; expansión de arbustivas; matorral crasicaule; matorral desértico rosetófilo.*

5.14. Evaluación de productos satelitales de captura de carbono en un ambiente semiárido queretano

Ramos-García Jaquelin^{1,*} y Cervantes-Jiménez Mónica²

¹ Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Boulevard de las Ciencias s/n, CP 76260, Juriquilla, Querétaro, México.

² Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Boulevard de las Ciencias s/n, CP 76260, Juriquilla, Querétaro, México.

* Autor para correspondencia: jramos29@alumnos.uaq.mx

Resumen

Los ecosistemas áridos y semiáridos se distribuyen globalmente ocupando aproximadamente el 40% de la superficie terrestre. Estos ecosistemas tienen un papel vital en la captura de carbono global. Desafortunadamente son ambientes poco representados en los modelos que estudian la dinámica de carbono. Actualmente, los sistemas de Eddy Covariance (EC) ofrecen las mediciones de productividad primaria bruta (PPB) más fiables a nivel de ecosistema, sin embargo, son un método costoso y su distribución resulta limitada. Las estimaciones basadas en datos de sensores remotos sobresalen como una alternativa con resultados congruentes a diferentes escalas. El presente estudio evalúa dos productos satelitales de PPB (MOD17 y FLUXSAT2.0), de manera aislada y considerando su mejora con variables meteorológicas, en comparación con mediciones hechas por una torre de EC. Presentamos estimaciones de PPB para la localidad de Bernal, Qro., durante 2017 y 2018 a partir de modelos de aprendizaje automático (ML) que utilizan los datos de PPB satelital y variables meteorológicas. Se evaluó la concordancia entre las estimaciones de ML y mediciones a cargo de una torre de EC en el sitio de estudio. Cada modelo fue entrenado con el 85% del conjunto de datos y el 15% restante sirvió para validación. Se obtuvo un $r^2=0.59$ entre MOD17 y EC y un $r^2=0.54$ entre FLUXSAT2.0 y EC. El modelo ML con MOD17 obtuvo un $r^2=0.80$; mientras que el ML con FLUXSAT2.0 mostró un $r^2=0.83$. Los resultados sugieren estimaciones aceptables de PPB a partir de los productos satelitales con ML en comparación con EC.

Palabras clave: *productividad primaria bruta; sensores remotos; aprendizaje automático; ecosistemas áridos; FLUXSAT 2.0*

5.15. La estabilización de C y su relación con la estabilidad de agregados del suelo en un bosque mesófilo de montaña en Jalpan, Querétaro

Bobadilla-Ballesteros Martha D.^{1,2,*}; García-Calderón Norma E.¹ y Fuentes-Romero Elizabeth¹

¹ Laboratorio de Conservación y Rehabilitación de los Recursos Edáficos, Facultad de Ciencias, *Campus* Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

* Autor para correspondencia: daniela.bobadilla@ciencias.unam.mx

Resumen

La estabilidad de los agregados depende de la interacción entre componentes inorgánicos (cationes, arenas, limos y arcillas) con los orgánicos, y se relaciona estrechamente a la estabilización de la materia orgánica del suelo (MOS), principalmente del carbono orgánico (CO). La estabilización del CO a partir de la síntesis de las sustancias húmicas favorece a la estabilidad de los agregados y estos agregados, a su vez, brindan protección física a la materia orgánica particulada (MOP). Esto hace que el CO sea más estable dentro de los agregados. El objetivo de este trabajo fue determinar la relación del contenido de carbono orgánico y de la MOP con la estabilidad de los macro, meso y micro agregados del horizonte superficial del suelo en un bosque mesófilo de montaña (BMM). La investigación se realizó en la microcuenca Ojo de agua San Francisco, en Jalpan, Querétaro, bajo diferente manejo: pastizal, acahual y bosque. En cada sitio se realizó un perfil de suelo tipo y se recolectaron agregados del horizonte superficial. Se caracterizaron las propiedades físicas y químicas del suelo. Además, se determinó la estabilidad de agregados, el contenido de la materia orgánica particulada intra-agregados (i-MOP) y el C en las SH. Las relaciones de la estabilidad de agregados se obtuvieron por un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Los suelos con horizontes de acumulación de COS entre 37.2–134.6 g·kg⁻¹ se expresan en horizontes móllicos. La relación de la estabilidad de agregados se distribuyó en macroagregados>mesoagregados>microagregados, sin diferencias significativas por sitio ($F(5,54) = 1.394, p = 0.241$). Los principales procesos edafogenéticos asociados con la estabilidad de agregados son la humificación de CO y la acumulación de i-MOP en la secuencia gradativa microagregados>mesoagregados>macroagregados. La concentración de carbono en las sustancias húmicas se distribuyó en AF>Huminas>AH. La estabilización de C como ácidos fúlvicos y un alto contenido de arcillas favorece a la estabilidad de los agregados en el epipedón móllico, además de brindar con la protección física de iMOP, esta investigación fue apoyada por el Proyecto PAPIIT IN121320.

Palabras clave: *microagregados, i-MOP, sustancias húmicas.*

5.16. Posibilidades de mitigación del cambio climático en el Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl

Linares-Fleites Gladys¹; Ticante-Roldán J.A¹ y Valera-Pérez Miguel A.¹

¹ 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

La región ocupada por vegetación forestal del Parque Nacional La Montaña Malinche, en su porción correspondiente al estado de Puebla, ha sufrido una importante disminución en extensión a partir de 1950 (a pesar de ser un Área Natural Protegida), pero especialmente después del macro-sismo del 19 de septiembre 1985, como consecuencia del aumento de la población de la Ciudad de Puebla y municipios aledaños ocasionado por la desordenada migración de habitantes de la Ciudad de México. La deforestación del Parque Nacional Malinche ha ocasionado además diferentes procesos de degradación ambiental en la región, cuyas consecuencias se han traducido en la erosión de los suelos, cambio del ciclo hidrológico y micro-climático e importantes emisiones de CO₂ a la atmósfera por la degradación biológica del suelo y pérdida de vegetación forestal. El objetivo de este trabajo es evaluar el grado de deforestación del Parque y analizar sus posibilidades en la mitigación del cambio climático. La Malinche tiene un gran potencial para programas de servicios ambientales sobre secuestro de carbono y la conservación de sus recursos naturales contribuirá en el combate de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, mitigará el cambio en el micro-clima, evitará y detendrá la erosión del suelo y asegurará una fuente de bienes y servicios a largo plazo en la región. La integración de la investigación científica con el saber de los pueblos originarios de la región acelerará este proceso.

Palabras clave: *gases efecto invernadero, secuestro de carbono, diálogo de saberes.*

5.17. Tendencia del verdor y variabilidad climática en la cuenca de un humedal continental

Vázquez-Castillo Inés del R.^{1,*}; Villarreal-Rodríguez Samuel¹; Ramírez-Serrato Nelly L.²

¹ División de Investigación y Posgrados de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro *campus* Querétaro Cerro de las Campanas S/N. Colonia Las Campanas C.P.76010, Santiago de Querétaro, Qro, México.

² Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, circuito de la Investigación científica S/N, C.U., Coyoacán, CDMX.

* Autor para correspondencia: irvc.2709@gmail.com

Resumen

Los humedales son ecosistemas de transición entre sistemas terrestres y acuáticos, los cuales proveen de distintos servicios ambientales. La Presa de Jalpan de Serra es nombrado humedal continental por Ramsar debido a los servicios ecosistémicos que brinda, la importancia de la cuenca es ecológica y social debido a que es la fuente principal de abastecimiento de agua para la población y su alrededor. Aquí, se analizaron series de tiempo del índice de vegetación normalizado (NDVI), la temperatura, la precipitación y el vapor de presión total entre el 2001 y el 2021, de los cuales se realizó un análisis por estaciones del año invierno, primavera, verano y otoño; para cuantificar la tendencia del verdor y la variabilidad climática para la cuenca de un humedal continental en este caso como lo es la Presa de Jalpan Serra y con ello poder identificar cual variable climática influye en el verdor del dosel. De acuerdo a los datos se muestra un incremento en la temperatura máximas y un decremento en la temperatura mínima, así como un decremento en la precipitación de cada estación del año, se logra observar que los valores de NDVI son de (0.4 - 0.63) en invierno, (0.35 - 0.75) en verano, (0.56 - 0.84) en primavera y (0.24 - 0.83) en otoño, y una tendencia de los datos únicamente en el NDVI en las estaciones de verano con un p bilateral de 0.0022 y en otoño con un p bilateral de 0.03.

Palabras clave: *precipitación; temperatura; NDVI; humedal; fenología.*

5.18. Uso eficiente del agua en zonas vitivinícolas semiáridas en el estado de Querétaro, México

Ramírez Torres Jonathan I.^{1*}; Villarreal-Rodríguez Samuel¹ y Ramírez-Serratos Nelly²

¹ División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas, C.P. 76010, Santiago de Querétaro, Qro., México.

² Instituto de Geofísica, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación S/N C.U., Coyoacán C.P. 04150, Ciudad de México.

* Autor para correspondencia: ing.ramirez.34151431@uaz.edu.mx

Resumen

La eficiencia en el uso del agua, UEA, (producción primaria bruta [GPP] / evapotranspiración [ET]) por parte de la vegetación juega un papel importante dentro del ciclo hidrológico y del carbono, siendo útil para entender la respuesta fisiológica de los ecosistemas ante el cambio climático. Para los ecosistemas semiáridos estos ciclos son más susceptibles a la disponibilidad de agua, teniendo una influencia directa en el estrés hídrico que pueden experimentar cultivos como la vid. En el presente trabajo se analizaron tres de los viñedos más extensos ubicados en la región semiárida del altiplano mexicano dentro del estado de Querétaro. Mediante información ráster (i.e., daymet) se calcularon 20 factores bioclimáticos con la finalidad de estimar diferencias ambientales entre dos viñedos y un parche natural de vegetación, no encontrando variabilidad de medias para ninguno de los sitios. Posteriormente, se generaron correlaciones entre la precipitación y UEA (estimado a partir de datos MODIS), agrupando el set de datos en categorías anuales, encontrando para todos los casos, una disminución del UEA a medida que aumenta la precipitación. Para concluir, se observó que existe una diferencia de medias para UEA en todos los sitios, siendo significativamente mayor en toda la serie. Por lo cual, se presentan datos preliminares de árboles de decisión utilizando tres índices espectrales (NDVI, NDWI, NDMI) y seis variables climáticas (temperatura mínima, media y máxima, precipitación, radiación de onda corta, presión de vapor), con la finalidad de conocer variaciones en los controles ambientales del UEA en los sitios de estudio.

Palabras clave: *productividad primaria neta; evapotranspiración; daymet; modis; predictores bioclimáticos.*

5.19. Mapeando el peso foliar específico en México: una característica funcional relevante para el carbono

Hinojo-Hinojo César^{1,*}; Bohner Teresa¹; Chacon-Labela Julia²; Cornejo Lara³; Cueva Alejandro⁴; Falco Nicola⁵; Frazier Amy⁶; Hemingway Benjamin⁶; Nikolopoulos Efthymios I.⁷; Wainwright Haruko⁵ y Enquist Brian^{1,8}

¹ Department of Ecology and Evolutionary Biology, The University of Arizona, Tucson, Arizona, EUA

² Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España

³ School for Resources and Environmental Studies, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada

⁴ Departamento de Ciencias de la Sustentabilidad, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, Tabasco, México

⁵ Earth and Environmental Sciences Area, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California, EUA

⁶ School of Geographical Sciences and Urban Planning, Arizona State University, Phoenix, Arizona, EUA

⁷ Department of Mechanical and Civil Engineering, Florida Institute of Technology, Melbourne, Texas, EUA.

⁸ Santa Fe Institute, Santa Fe, New Mexico, USA.

* Autor para correspondencia: hinojo_@hotmail.com

Resumen

Las características funcionales de las plantas controlan la magnitud de los flujos de carbono en ecosistemas terrestres y contar con información de su variabilidad espacio-temporal permite reducir la gran incertidumbre de las estimaciones de estos flujos a gran escala. Sin embargo, las observaciones de estas características son discontinuas en el espacio y en el tiempo, y han sido poco monitoreadas en México. Desarrollamos un método que permite monitorear mediante imágenes satelitales multiespectrales el peso foliar específico, una de las características funcionales más relevantes para el ciclo del carbono. Aplicamos este método a todo México usando imágenes de Landsat 5, 7 y 8, para estimar la variabilidad espacial actual del peso foliar específico (PFE) y su cambio en los últimos 35 años. Así, generamos los primeros mapas de la variación espacio-temporal de esta característica funcional para México a resolución espacial moderada (30 m). Encontramos que el PFE disminuyó en la mayor parte de México, con una disminución promedio del 3.5 % entre 1985 y 2019, y de manera más pronunciada y consistente en bosques de coníferas y bosques siempreverdes. Se discuten el cambio climático, eventos climáticos extremos, y el cambio de uso de suelo como los principales agentes de cambio del PFE, así como las limitaciones en nuestro método. Además, se presentan ejemplos regionales de estos casos. Se espera que estos esfuerzos impulsen un monitoreo más integral de la biodiversidad funcional en México, y sean un insumo para lograr un inventario preciso de almacenes y flujos de carbono a nivel nacional.

Palabras clave: *características funcionales; biodiversidad; cambio global; percepción remota; imágenes satelitales multiespectrales.*

5.20. Regeneración natural de *Pinus lawsonii* y *Quercus magnoliifolia* en un bosque templado de la cuenca Amanalco-Valle de Bravo

García-Martínez René¹; Rodríguez-Rosas Abelardo L.²; Primero-Huerta César³; Soto-Luis Antonio³; Cruz-Mendoza Mariana C.³ y González-Vázquez Gabriela³

¹ División de Ingeniería Forestal, Tecnológico Nacional de México, TES-Valle de Bravo.

² Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Occidente. Blvd. Macario Gaxiola y Carretera internacional, México 15, Cp. 81223 Los Mochis, Sinaloa.

³ División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México, TES-Valle de Bravo. Carretera Federal Valle de Bravo, Km 30, Ejido San Antonio Laguna, 51200 Donato Guerra, Estado de México, México.

* Autor para correspondencia: rgm1117@gmail.com

Resumen

La regeneración natural es un proceso ecológico necesario en la recuperación de áreas forestales afectados por incendios forestales. El objetivo de esta investigación fue evaluar el estado actual de la regeneración natural en un bosque de pino-encino afectado por un incendio forestal en 2015. El predio bajo estudio corresponde a una sección de bosque del TESVB. Para el trabajo realizado se programaron salidas de campo con previa planeación del equipo requerido y las actividades a llevar a cabo. El método utilizado fue muestreo sistemático, se levantaron datos de ocho sitios circulares de 400 m². Para el trabajo en campo se trazaron las unidades de muestreo sistemáticamente ubicando las coordenadas geográficas por sección en un polígono de 2 ha. Los datos indicaron que la especie *Q. magnoliifolia* tiene mayor densidad de regeneración (plantas/ha) por lo cual sobresale en los estratos bajos y medios del bosque, su predominancia es debido a que tienen mayor capacidad de reproducción y a su resistencia por lo cual tiene mayor ramificación de las raíces. Existen zonas donde se concentra la regeneración de la especie *P. lawsonii*, esto por factores que inciden en la germinación de las plántulas, se observó este comportamiento en la parte baja de la ladera donde hubo mayor densidad de regeneración en dicha especie, allí hay mejores condiciones de humedad y fertilidad del suelo. Esta información servirá para realizar prácticas de manejo que permitan un adecuado desarrollo de las plantas producto de la regeneración natural.

Palabras clave: *regeneración natural, cuenca Amanalco-Valle de Bravo, incendios forestales, bosque de pino-encino*

5.21. Estimación de almacenes de carbono en el límite norte del bosque neotropical seco usando variables biofísicas e índices de vegetación

Bojórquez Adrián^{1,*}; López-Castro Guillermo¹; Granados Karol¹; Campoy Josefina¹; Sánchez-Mejía Zulia M.¹; Garatuza-Payán Jaime¹; Yépez Enrico A.¹ y Álvarez-Yépiz Juan C¹.

¹ Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México, 85000

* Autor para correspondencia: jesus.bojorquez@itson.edu.mx

Resumen

Los bosques tropicales constituyen un importante reservorio de carbono y biodiversidad a nivel global. El bosque tropical seco (BTS) es la vegetación tropical con mayor extensión en México, alcanzando su distribución más norteña en el estado de Sonora. En esta latitud, las actividades antropogénicas (e.g. cambio de uso de suelo) y los eventos climáticos extremos (e.g. heladas) ejercen una fuerte presión sobre los almacenes de C del BTS. Sin embargo, los efectos de estos disturbios sobre el bosque dependen en gran medida de la topografía del terreno, siendo las elevaciones bajas más susceptibles a estos disturbios antropogénicos y climáticos por su terreno menos escarpado. Existe gran incertidumbre sobre el estado actual de los almacenes de C en el BTS de Sonora tanto a nivel regional como local porque diferentes procesos pueden actuar a diferentes elevaciones (e.g. tierras altas > 600 msnm vs. bajas <600 msnm). Nuestro objetivo fue modelar y predecir espacialmente el almacén de carbono a nivel regional y por zona altitudinal en el BTS de Sonora usando variables biofísicas (climáticas, topográficas y biológicas) e índices de vegetación obtenidas de imágenes de satélite (MODIS). Para esto, se utilizaron los 92 conglomerados de la base de datos generada por el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS, 2009-2012) establecidos en Sonora. Se encontró que tanto a nivel regional como por zona altitudinal (tierras altas y bajas) las variables biofísicas fueron mejores predictoras de los almacenes de C comparado con aquellas derivadas de índices de vegetación satelitales. Los mejores modelos se usaron para predecir el almacén de C aéreo en la vegetación, obteniendo valores promedio de 23.9, 20.5 y 30.6 Mg C/ha, a nivel regional, tierras altas y tierras bajas, respectivamente. Los datos de este estudio muestran la alta capacidad predictiva de las variables biofísicas sobre el C aéreo del BTS sonorense, así como el potencial de C almacenado en este ecosistema.

Palabras clave: *almacén de carbono; bosque tropical seco; modelación espacial.*

5.22. Propuesta metodológica para el escalamiento espacial de la evapotranspiración a partir de mediciones de torres de flujos turbulentos

González-Ramos Laura M.^{1*}; Villarreal-Rodríguez Samuel¹; Guevara Mario² y Yépez Enrico A.³

¹ División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas, C.P. 76010, Santiago de Querétaro, Qro., México.

² Instituto Centro de Geociencias-Universidad Nacional Autónoma de México *Campus* Juriquilla, Qro. MX.

³ Departamento de Ciencias del Agua y Medioambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero Sur, Col. Centro. C.P. 85000 Ciudad Obregón, Sonora, México.

* Autor para correspondencia: lgonzalez132@alumnos.uaq.mx

Resumen

Estimar la evapotranspiración (ET) a diversas escalas temporales y espaciales es fundamental para desarrollar estrategias de conservación del agua y el suelo, así como para entender el ciclo hidrológico, sobre todo en regiones con baja disponibilidad de recursos hídricos. Distintas técnicas in situ permiten medir la ET con precisión a una escala espacial limitada y conocer la ET a una escala espacial regional representa un reto de modelación importante. El objetivo de este estudio es presentar una propuesta metodológica de trabajo para generar una matriz de regresión que incluye datos de cuatro sitios de monitoreo de covarianza de flujos turbulentos y valores de productos satelitales útiles para el desarrollo de modelos espaciales y temporales de la ET. Se propone que la informática ambiental (e.g., percepción remota, el análisis digital de terreno, las superficies climáticas y los diversos mapas temáticos preexistentes) provee de insumos útiles para la representación espacial-temporal de controles ambientales de la ET en áreas geográficas de particular importancia ecológica y climática, por ejemplo, donde se expresa el Monzón de Norteamérica. Se presenta el desarrollo de un flujo de trabajo basado en cómputo en la nube (e.g., Google Earth Engine) escrito en Java Script para la obtención (en cualquier punto geográfico de interés) de un conjunto multiescalar y multitemporal de 39 co-variables ambientales directamente relacionadas con la ET. Como resultado se obtuvo una matriz que integra los datos de las mediciones in situ y los datos obtenidos mediante los productos satelitales, útil para cualquier usuario interesado en explorar modelos para escalar la ET desde la parcela a la escala regional.

Palabras clave: *matriz de regresión; Google Earth Engine; co-variables.*

5.23. Estimación espaciotemporal de productividad primaria de agroecosistemas bajo esquemas de regeneración utilizando teledetección e inteligencia artificial

Gómez-Badouin Juan I.^{1,*} y Frías-Hernández Juan T.²

¹ Departamento de matemáticas. Instituto Tecnológico de Sonora. C. 5 de Febrero 818, Centro, Urb. No. 1, 85000 Cd Obregón, Sonora.

² Via Regenerativa y Orgánica A.C., carretera México/Querétaro, desviación camino a Jalpa, km 9, Guanajuato, México, 37710 · San Miguel de Allende.

* Autor para correspondencia: juan@rubisco.mx

Resumen:

Las actividades humanas han cambiado significativamente la cobertura del planeta: los cultivos y pastizales se han expandido y ocupando cerca del 40% de la cobertura mundial del suelo (FAO, 2007). Estos cambios de cobertura y de uso de suelo influyen directamente en los ciclos biogeoquímicos (especialmente el del carbono) la pérdida de biodiversidad, la erosión de los suelos y el aumento de gases que incrementan el efecto invernadero. En este contexto existe la necesidad de monitorear estos cambios estructurales y funcionales de los ecosistemas de la tierra para de esta forma diagnosticar y poder llevar a cabo estrategias de Regeneración. De esta forma la percepción remota se vuelve una herramienta fundamental para el monitoreo y la analítica por medio de los modelos numéricos como pueden ser los basados en inteligencia artificial ofrecen una vasta cantidad de opciones a la hora de generar escenarios y análisis automático. El objetivo es desarrollar un análisis espaciotemporal con percepción remota y sistemas de información geográfica de los principales componentes ecosistémicos relacionados con el flujo de carbono, precipitación y radiación solar en áreas en donde se han implementado prácticas de regeneración ecosistémica por medio de agricultura de conservación implementando sistemas combinados de agave y mezquite para de esta forma conocer y estimar su impacto. Adicionalmente, se complementa con datos obtenidos en campo así como conteo y caracterización de plantas utilizando algoritmos de inteligencia artificial en ortomosaicos generados con drones. Se utilizó google earth engine para obtener los siguientes productos: Del producto MOD17A2H se obtuvo la productividad primaria gruesa (Gpp), fotosíntesis neta (PsnNet), respiración ecosistémica (MR) en la unidad de Kg. de carbono por metro cuadrado sumado 8 días ($\text{kg} \cdot \text{C} / \text{m}^2$). La fracción de la radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación (Fpar) y el Índice de área foliar (Laipar) fueron obtenidas del producto MOD15A2H, la precipitación diaria (mm) obtenida del producto CHIRPS. Las series de tiempo son analizadas desde el año 2000 al 2021. Se complementa con análisis de los predios usando conteo de plantas con redes neuronales convolucionales. Los resultados preliminares muestran una diferencia notoria de los predios bajo diferentes estados de sucesión ecológica y regeneración en el tiempo. Podemos concluir parcialmente que la percepción remota combinada con análisis y validación en campo es una herramienta vital para conocer la respuesta de la función ecosistémica a las prácticas de regeneración, sin embargo se necesitan más trabajos de obtención de datos en campo para seguir validando los modelos.

*Nota: Los análisis que se están realizando en este proyecto están desplegados en esta página web: <https://vindrew.com>

Palabras clave: *inteligencia artificial; percepción remota; productividad primaria, agricultura.*

5.24. Almacén de carbono de los suelos del bosque mesófilo de montaña, Jalpan de Serra, Querétaro

Fuentes-Romero Elizabeth^{1,2*}; García-Calderón Norma E.¹ y Velázquez-Rosas Noé.³

¹ Conservación y rehabilitación de la zona crítica edáfica, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación-Facultad de Ciencias, UNAM, Juriquilla, Blvd. Juriquilla 3001, Juriquilla-La Mesa. 76230 Querétaro.

² Posgrado en Ecología Tropical, Universidad Veracruzana, José María Morelos 44, Zona Centro, 91000 Xalapa Enríquez, Veracruz

³ Centro de Investigaciones Tropicales-Universidad Veracruzana, José María Morelos 44, Zona Centro, 91000 Xalapa Enríquez, Veracruz

* Autor para correspondencia: fre@ciencias.unam.mx

Resumen

El suelo del bosque mesófilo de montaña tiene un alto potencial de almacenar carbono asociado con los procesos edafogénicos. La acumulación y estabilización del carbono orgánico del suelo tienen un papel importante en ambientes forestales calcáreos húmedos, donde la humificación y acumulación de materia orgánica de los residuos orgánicos en la capa superficial del suelo mantienen su reserva de carbono. Entender los procesos que regulan el carbono orgánico del suelo es de suma importancia, ya que permiten identificar atributos edáficos importantes en la conservación de los ecosistemas. El objetivo de este trabajo fue relacionar el potencial de almacén de carbono con los procesos edafogénicos de los diferentes grupos de suelo referenciales en el bosque mesófilo de montaña. El estudio se realizó mediante el levantamiento de perfiles de suelo en la microcuenca de Valle Verde y Ojo de agua de San Francisco, Jalpan de Serra, Querétaro. El potencial de almacén de carbono se determinó en los principales grupos de suelo de referencia. En el sitio se encuentra conformado por una secuencia de Phaeozems, Umbrisols y Luvisols húmicos con horizontes fólicos desarrollados. El almacén de carbono en el horizonte orgánico se encuentra supeditado por la secuencia de capas Oi, Oe y Oa-Ah asociado a una baja descomposición, lo que regula la acumulación y almacenamiento diferencial del carbono. Los horizontes de diagnóstico superficiales del suelo fueron móllico y úmbrico, donde la acumulación se relaciona con la humificación y la estabilización por la protección física en macro y meso agregados. El Luvisol húmico fólico evidenció una edafogénesis mayor debido a la traslocación de arcillas y acumulación de carbono en los horizontes superficiales y subsuperficiales del suelo, que puede asociarse con la formación de complejos órgano-minerales durante el proceso de estabilización. El servicio ecosistémico de almacén de carbono del suelo en el bosque mesófilo de montaña en ambientes calcáreos estuvo dominado por la profundidad de desarrollo de los horizontes del suelo y el espesor de los horizontes orgánicos superficiales que denotan una edafogénesis desarrollada. Investigación apoyada por el Proyecto PAPIIT IN121320.

Palabras clave: *estabilización de carbono, humificación, edafogénesis.*

5.25. Almacén de carbono orgánico en suelos con manejo forestal comunitario

Castelán-Vega Rosalía^{1,2,*}; González-González Fernanda^{1,2}; Tamaríz-Flores José V.^{1,2} y Cruz-Montalvo Abel¹

¹ Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 14 Sur #6301, Colonia San Manuel, CP 72474, Puebla, Puebla.

² Posgrado en Ciencias Ambientales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 14 Sur #6301, Colonia San Manuel, CP 72474, Puebla, Puebla.

* 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 cantidad de COS bajo tres condiciones de manejo forestal en tres tipos de vegetación: bosque de oyamel, bosque de pino-encino y bosque de pino, en los Bienes Comunes de San Juan Cuauhtémoc, Tlaxiapan, Puebla. Se establecieron 6 unidades de muestro circular y se tomaron muestras compuestas de suelo en los primeros 30 cm de profundidad en tres unidades de manejo forestal (Perturbado, Aprovechado y Conservado). La determinación del COS fue estimada de acuerdo con los métodos normados en la NOM-021-SEMARNAT-2000. Los resultados muestran diferencias significativas en la concentración de COS en función de la condición de manejo. La unidad forestal Aprovechado presentó la concentración promedio de COS más alta con 194 Mg C ha⁻¹, seguido de las unidades Conservado y Perturbado con 174 y 93 Mg C ha⁻¹, respectivamente. Las diferencias en COS se deben a diferencias en el manejo de los suelos por la papelera San Rafael y posiblemente por la vegetación que predomina en cada una de las unidades de manejo forestal.

Palabras clave: *manejo forestal; tipo de vegetación; degradación del suelo.*

5.26. Carbono orgánico superficial en campos agrícolas bajo condiciones de aridez: un ejemplo desde Zapotitlán-Salinas, Puebla

Pacheco-Ledezma David B.^{1,*} y Ayala-Niño Fernando¹

¹ Laboratorio de Edafología Aplicada y Servicios Ambientales. Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM. Av. de los Barrios No. 1. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla de Baz, México.

* Autor para correspondencia: davidzen123@gmail.com

Resumen

El suelo es un importante sumidero de carbono (C), sin embargo, este se encuentra expuesto a diversos usos de suelo y aprovechamientos intensivos ajenos a su aptitud, además de un desconocimiento sobre su potencial como proveedor de servicios ambientales particularmente en las zonas áridas y semi-áridas del centro de México. En el presente estudio se comparó las características fisicoquímicas generales y la presencia del Carbono Orgánico del Suelo (COS) entre zonas expuestas a diferentes usos de suelo y vegetación en la zona agrícola del valle de Zapotitlán-Salinas, Puebla. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.001$) representadas por $3.67 \pm 0.03\%$ de COS para las Parcelas de Agricultura Abandonadas (PAb), relacionadas con la agricultura de temporal, labranza continua y condiciones de aridez. Los Matorrales Abiertos con Costras (MAbcc) representó la zona con mayor fijación de COS con $3.86 \pm 0.09\%$. Los Matorrales Conservados (MC) y las Parcelas de Agricultura Activas (PAct) presentaron proporciones semejantes de COS, con $3.82 \pm 0.10\%$ y $3.81 \pm 0.05\%$ respectivamente. El potencial de almacenamiento de COS se relacionó positivamente con la presencia de biocostras y negativamente con la salinización y labranza continua. Las zonas áridas son vulnerables ante usos de suelo no apropiados a la zona, por lo que se recomienda el cambio a técnicas de agricultura sustentables y cultivos apropiados a la zona que posibiliten de estos suelos para continuar su utilidad como sumideros de C.

Palabras clave: *captura de carbono; carbono orgánico del suelo; uso de suelo.*

5.27. Existencias de carbono en selvas tropicales con alta presión antrópica

Ramiro Puc-Kauil¹; Gregorio Ángeles-Pérez²; José P. Parra-Piedra¹; Bernardo Galeote-Leyva¹; Jesús Morales-Bautista³; Francisco Montoya-Reyes⁴; Xavier García-Cuevas⁴ y Alana M. Rader⁵

¹ Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Av. Tecnológico, Col. El Huasteco, Cd. Lázaro Cárdenas, Puebla, 73049.

² Colegio de Postgraduados, Km. 36.5, Carr. México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Edo. México, 56230.

³ Bioforestal Innovación Sustentable S. C., Calle Allende 720, San Sebastián, Texcoco de Mora, Edo. México, 56130.

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Chetumal, Km. 25, Carretera Chetumal-Bacalar, C.P. 77930, Xul-ha, Quintana Roo, México.

⁵ Departamento de Geografía, Rutgers, Universidad Estatal de Nueva Jersey, Nuevo Brunswick, Nueva Jersey.

* Autor para correspondencia: ramiro.selvastropicales@gmail.com

Resumen

La península de Yucatán experimenta la mayor pérdida de sus selvas en el presente siglo. Cuantificar las reservas de carbono de dichas selvas es fundamental para determinar su potencial para contribuir a la mitigación del cambio climático y, en especial, para darle un valor agregado, evitar su pérdida y fomentar su conservación. En el presente estudio se caracterizaron las selvas de cinco ejidos del municipio de Bacalar, Quintana Roo (Q. Roo), mediante la estimación del carbono almacenado en la parte aérea. Se establecieron 250 sitios de muestreo de 400 m² y 500 m², en donde se registraron y midieron árboles ≥ 2.5 cm de diámetro normal. La biomasa aérea se estimó con ecuaciones alométricas generadas y validadas a nivel local. La proporción de carbono contenido en la biomasa se calculó con el factor de conversión de 0.47 %. Las selvas del municipio de Bacalar, Q. Roo, que se encuentran altamente vulnerables a la deforestación almacenan, entre el 36 y 221 Mg C ha⁻¹. El contenido del carbono varió en función de la estructura sucesional de las selvas, manifestando una continua acumulación de carbono aéreo. Por lo tanto, las selvas de Bacalar Q. Roo, que en su mayoría se encuentran inmersos en terrenos de ejidos forestales, podrían ser incorporados al financiamiento de créditos de carbono forestal a través de proyectos de deforestación evitada o de manejo forestal mejorado.

Palabras clave: *cambio climático; deforestación; conservación; biomasa; créditos de carbono*

5.28. Pérdida de carbono y materia orgánica en el suelo por un libramiento carretero

Díaz-Romo Abraham^{1,*}; Torres-González Jorge A.¹; Meraz-Jiménez Antonio J.¹; López-Santos Armando²; Mendieta-Vázquez Guadalupe A¹ y Martínez-Calderón Víctor M.¹

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

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

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

Resumen

La demanda global de transporte está aumentando y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas se están convirtiendo en un factor clave en la planificación medioambiental. La construcción de infraestructura de transporte puede tener impactos ambientales significativos, ya que causa alteraciones tanto en la vegetación como en el suelo. Estos cambios dinámicos en las reservas de carbono orgánico del suelo tienen un impacto significativo en el balance de carbono regional y global. El estudio se realizó en el predio denominado Arroyo Seco, del Centro de Ciencias Agropecuarias de la UAA, ubicado en el municipio de Jesús María, Aguascalientes, donde se construyó un libramiento carretero. Se planteó el objetivo de evaluar la pérdida de carbono y materia orgánica en suelo del área construida. Para el muestreo de suelo se utilizaron los sistemas de información geográfica, se realizó un análisis de materia orgánica, densidad aparente y carbono orgánico. El porcentaje de materia orgánica en el área de estudio presentó un promedio de 2.03 %, con máximo de 3.2% y mínimo de 0.7%. El carbono orgánico afectado por la construcción de la carretera fue en total 156 Mg C ha⁻¹. Se tuvo una media de 39 Mg·ha⁻¹, con un máximo de 67.50 y mínimo de 13.3 Mg·ha⁻¹. Se pudo cuantificar la pérdida de carbono y materia orgánica del suelo en el área de estudio por la construcción del libramiento carretero.

Palabras clave: *carretera; suelo; medio ambiente; pérdida de carbono*

5.29. Almacén de carbono en los suelos de la región forestal de Texcoco, Estado de México

Quiñones-Sánchez Edith^{1,*}; Bolaños-González Martín A.¹; López-Pérez Adolfo¹; Báez-Pérez Aurelio²; Villa-Herrera Adán³ y Rico-Sánchez Axel E.¹

¹ Posgrado en Hidrociencias, Colegio de Postgraduados *campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CE Bajío. Carretera Celaya San Miguel Allende Km. 6.5 Celaya, Gto., C.P. 38110.

³ Programa Mexicano del Carbono, Chiconautla N°8-A, Lomas de Cristo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56225.

* Autor para correspondencia: 3dqu15a@gmail.com

Resumen

El almacén de carbono orgánico del suelo (COS) es usualmente el reservorio más importante, de los cinco considerados por el IPCC, en los ecosistemas forestales, representa más del 40% del total almacenado en los bosques; sin embargo, su contenido puede disminuir rápidamente debido a cambios de uso del suelo debido a actividades antropogénicas, principalmente relacionadas con la agricultura y la ganadería. En este trabajo se presenta información que aporta al conocimiento de la capacidad de almacenamiento de COS de ecosistemas forestales comparados con la de otros usos de suelos en la región forestal de Texcoco, Estado de México. Se clasificó a la vegetación de acuerdo a su grado de perturbación como: fase 1 a los usos de suelo y vegetación (USV) primaria o no perturbada, fase 2 a los USV modificados con diversa perturbación, y fase 3 a los USV producto de actividades antropogénicas como la agricultura, plantaciones forestales y de árboles frutales. Se encontró el mayor contenido de COS en los USV de la fase 1 ($67.2 \text{ Mg C ha}^{-1}$), seguido de los de la fase 2 ($58.6 \text{ Mg C ha}^{-1}$) y la fase 3, ($22.9 \text{ Mg C ha}^{-1}$). Los mayores contenidos de COS se encontraron en USV correspondientes a ecosistemas forestales: el bosque de oyamel presentó el mayor contenido de COS con $91.4 \text{ Mg C ha}^{-1}$ en la fase secundaria y $79.3 \text{ Mg C ha}^{-1}$ como vegetación primaria, seguido del bosque de cedro ($70.1 \text{ Mg C ha}^{-1}$) y el bosque de pino ($57.7 \text{ Mg C ha}^{-1}$).

Palabras clave: *carbono orgánico del suelo; vegetación primaria; uso del suelo; perturbación antropogénica.*

5.30. Estimación de la biomasa y carbono de reforestaciones en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey

Yerena-Yamallel José I.^{1,*}; Cuéllar-Rodríguez Gerardo¹ y Gárate-Escamilla Homero A.¹

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Carretera Nacional km. 145, C.P. 67700, Linares, Nuevo León, México.

* Autor para correspondencia: israel.yerena@gmail.com

Resumen

El almacenamiento de carbono en las reforestaciones ayuda a mitigar el continuo incremento de la concentración atmosférica de CO₂, por ello es importante conocer la capacidad de estas. El objetivo del estudio fue estimar la biomasa y carbono de reforestaciones efectuadas en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey. Se utilizó un diseño de muestreo sistemático, se realizaron 398 sitios de muestreo de 100 m², las mediciones dasométricas que se hicieron son altura total y diámetro a la base. El género *Cupressus* presentó la mayor altura promedio con 31.9 cm, seguido por *Pinus greggii* y *Pinus pseudostrobus* con 26 cm. La variable diámetro fue similar para las especies con un promedio general de 3.4 mm. Las plántulas en promedio obtuvieron un peso seco de 2.38 g, varió de 2.88 g en la especie *Pinus pseudostrobus* a 1.76 g en *Pinus cembroides*. Las plántulas de las reforestaciones alcanzaron 1.74 kg/ha de biomasa total. Las especies que resultaron con el porcentaje de concentración de carbono mayor fueron *Pinus pseudostobus* y *Pinus cembroides* con 50 %, seguido por *Cupressus*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus greggii* con 49, 48 y 47 % respectivamente. Las plántulas de las reforestaciones almacenaron en promedio 1.17 gramos de carbono. La especie *Pinus pseudostrobus* presentó las mayores reservas de carbono con 0.55 kg/ha, seguida por *Pinus cembroides* y *Pinus greggi* con 0.11 kg/ha de carbono. Las reforestaciones tienen potencial como almacenadoras de carbono 0.87 kg/ha, presentan una amplia capacidad de mitigación dada su importante superficie.

Palabras Clave: *rehabilitación de ecosistemas; bosques templados; compensación ambiental.*

5.31. Servicio ambiental del bambú *Guadua aculeata*: potencial de captura de carbono

Ordóñez-Prado Casimiro^{1,*}; Tamarit-Urias Juan C.¹; Buendía-Rodríguez Enrique² y Rodríguez-Acosta Melchor³

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental San Martinito. Carretera Federal México-Puebla km 56.5, 74100 Tlahuapan, Puebla, México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental Valle de México. Carretera Texcoco-Los Reyes km 13.5, 56250 Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Ixtacuaco. Centro de Investigación Regional - Golfo Centro. Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan km 4.5, 93655 Tlapacoyan, Veracruz, México.

* Autor para correspondencia: ordonez.casimiro@inifap.gob.mx

Resumen

En México se registran más de 64 especies de bambú nativas, entre ellos *Guadua aculeata*; cuyos ejemplares presentan diámetros basales de hasta 20 cm y alturas que pueden llegar a los 30 m. El objetivo fue estimar el carbono almacenado en la biomasa aérea en rodales de bambú de la Sierra Nororiental del Estado de Puebla. Se realizó un inventario forestal en rodales de *Guadua aculeata* del Sitio Experimental Las Margaritas del INIFAP ubicado entre las coordenadas extremas 19°52' 5.6" latitud N y 97° 12' 12.9" longitud O. Mediante un muestreo simple aleatorio se distribuyeron 12 sitios de muestreo con forma cuadrada de 100 m², donde se midió el *Dn* de cada individuo. Se utilizó un sistema de ecuaciones aditivas para estimar la biomasa del culmo, ramas, follaje y total. El carbono se estimó multiplicando la biomasa de cada componente por la concentración de carbono: 46%, 44% y 42% para culmos, ramas y follaje respectivamente. Se determinó que en promedio los rodales sustentan 263.14 Mg ha⁻¹ de biomasa; distribuida en proporciones del 91%, 5% y 4% para culmo, ramas y follaje, respectivamente. En cuanto al carbono, se estimaron 120.34 Mg ha⁻¹ en promedio. A nivel predio, el inventario y almacén de carbono ascendió a 7,701.73 Mg en 64 ha de bambusales. El potencial de captura de carbono de los bosques con el bambú *Guadua aculeata* como servicio ecosistémico está a la altura de bosques templados, por lo que representan una alternativa para mitigar los efectos del cambio climático.

Palabras clave: *rodales de bambú, almacenes de carbono, ecuaciones de aditividad.*

5.32. Biomasa y carbono subterráneo en un bosque de niebla de la Sierra Madre Oriental, México

Cruz-de Jesús Yokebed^{1*}; Pavón Numa P.¹; Sánchez-González A.¹; Briones Oscar²; Rodríguez-Laguna R.³

¹ Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

² Red de Biología Evolutiva, Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, México.

³ Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México.

* Autor para correspondencia: yoke_bed87@hotmail.com

Resumen

La estimación de la biomasa en los ecosistemas terrestres es esencial para analizar el ciclo del carbono (C) y generar estrategias de mitigación contra el cambio climático. En general, existe información sobre el contenido de biomasa y C en los compartimentos aéreos en diversos ecosistemas forestales, pero existen pocas estimaciones de la parte subterránea, particularmente en el bosque de niebla o bosque mesófilo de montaña, el cual se encuentra amenazado por actividades antropogénicas como el cambio de uso de suelo. En este trabajo se estimó la biomasa y carbono subterráneo en un fragmento de bosque en Huayacocotla, Veracruz. Se extrajeron 60 muestras de suelo de 8 cm de diámetro y 20 cm de profundidad. Las raíces fueron separadas, lavadas y secadas en el laboratorio para posteriormente ser clasificadas como: muy finas (<1 mm), finas (1 a 3 mm) y gruesas (>3 mm). La biomasa se consideró como el peso seco de las raíces y el carbono como el 50% de la misma. Para raíces muy finas, finas y gruesas la biomasa fue de 1.37 Mg ha⁻¹, 2.26 Mg ha⁻¹ y 2.47 Mg ha⁻¹, respectivamente. La biomasa total se estimó en 6.11 Mg ha⁻¹. El C total estimado fue de 3.06 Mg C ha⁻¹. Los valores de carbono obtenidos son menores a los estimados en otros bosques mesófilos de México, que fluctúan entre 8.56 y 36 Mg C ha⁻¹. Finalmente, se destaca que el bosque de niebla es un ecosistema de gran importancia con altos depósitos de C en el suelo.

Palabras clave: *bosque mesófilo de montaña; cambio climático; ecosistemas terrestres; productividad primaria; raíces.*

5.33. Respuesta de la humedad de suelo a los pulsos de precipitación en el bosque tropical seco del noroeste de México

Luque-Apodaca Heira L.¹; Gaxiola-Ortiz Francisco J.¹; Garatuza-Payan J.¹; Rivera Miguel A.¹; Yépez Enrico A.¹ y Sánchez-Mejía Zulia M.^{1,*}

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

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

Resumen

En el noroeste de México los bosques tropicales secos (BTS) encuentran su distribución más norteña en Sonora. Esta región es influenciada por el Monzón de Norteamérica (NAM), periodo de julio a septiembre en donde se registra la precipitación. La frecuencia y cantidad de precipitación se registra en pulsos. Dicha precipitación controla otros componentes del ciclo hidrológico como la humedad del suelo que influye en procesos ecosistémicos. El objetivo de este estudio fue calibrar un sensor de neutrones de rayos cósmicos (CRNS) en el BTS y evaluar la respuesta de la humedad de suelo a los eventos de precipitación. Para realizar el estudio, se calibró el CRNS y se determinó contenido volumétrico de la humedad del suelo (θ), posteriormente se realizaron análisis de estadística descriptiva y frecuencia para caracterizar la variabilidad de la humedad de suelo con respecto a la precipitación interanual de los 6 años estudiados (2013-2018). Notablemente el CRNS es sensible a pulsos chicos y pulsos grandes independientemente de la humedad antecedente.

Palabras Clave: *selva baja caducifolia; Monzón de Norteamérica; sensor de neutrones de rayos cósmicos*

5.34. Propiedades del suelo y carbono almacenado en un gradiente altitudinal en la Sierra Madre Oriental

Nava-Reyna Erika^{1,*}; Cerano-Paredes Julián¹; Marcial-Pablo Mariana de Jesús¹ y Constante-García Vicenta¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA, Km. 6.5 margen derecha, Canal de Sacramento, C.P. 35079, Gómez Palacio, Dgo., México

* Autor para correspondencia: nava.erika@inifap.gob.mx

Resumen

Existe un incremento del interés mundial por evaluar el potencial de diferentes ecosistemas para secuestrar C, derivado de la preocupación por el cambio climático. No obstante, los estudios sobre el impacto de la altitud sobre la mineralización de la materia orgánica del suelo en regiones áridas y semiáridas son aún escasos. Por lo anterior, el presente proyecto tuvo como objetivo establecer las variaciones en las propiedades químicas del suelo, el carbono orgánico del suelo y las comunidades microbianas y su metabolismo en un gradiente altitudinal en el Cañón de San Lorenzo, dentro de la Sierra Madre Oriental en el noreste árido de México. Los resultados demostraron un mayor contenido de nitrógeno total, carbono orgánico total y materia orgánica del suelo conforme incrementó la elevación. Por el contrario, la actividad enzimática β -glucosidasa y N-acetil-glucosaminidasa disminuyeron con la altitud. De esta forma, los cambios en los factores climáticos y la vegetación, derivados de la altitud, influyen en las propiedades químicas del suelo, las comunidades microbianas y el secuestro de carbono en el suelo. Además, una altitud superior a 2600 m.s.m. parece favorecer la acumulación y humificación de la materia orgánica del suelo.

Palabras clave: *elevación, bosque, zonas áridas, secuestro de carbono, microorganismos*

5.35. Almacenamiento de agua, C, N y P en el suelo al final de estación seca a lo largo de un gradiente hídrico asociado a *Quercus castanea* en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México

Chávez-Vergara, B.^{1,2,*}, Reyna-Pérez, A.³, Condado-Mejía, P.⁴, Beltrán-Paz, O.^{1,2}

¹ Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida Universidad 3000 Col. UNAM, C.U C.P. 04510 Ciudad de México

² Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida Universidad 3000 Col. UNAM, C.U C.P. 04510 Ciudad de México

³ Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida Universidad 3000 Col. UNAM, C.U C.P. 04510 Ciudad de México

⁴ Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida Universidad 3000 Col. UNAM, C.U C.P. 04510 Ciudad de México

* Autor para correspondencia: chavezvb@geologia.unam.mx

Resumen

En el escenario más adverso de cambio climático para Michoacán se espera que la temperatura promedio anual se incremente entre 3.5 y 5 °C, y ocurra una disminución de 24% en la precipitación anual media, lo cual sobrepasa el límite sugerido de 1.5°C para evitar la aridización de los ecosistemas. Con este escenario se espera una reducción mayor al 80% del área ocupada por algunas especies de encinos, lo cual afectaría la riqueza y los procesos ecológicos asociados a las especies de *Quercus*, entre ellos los que podrían estar el almacenamiento de agua y de nutrientes en los suelos. Una forma de atender las preguntas relacionadas con escenarios climáticos futuros es observar los procesos a través de gradientes ambientales, entre los más comunes se encuentran los asociados precipitación y la temperatura, o en su interacción como es el índice de Lang. Sin embargo, en estas aproximaciones rara vez se consideran las características pedogenéticas como un regulador importante en los procesos ecológicos y particularmente los biogeoquímicos. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue cuantificar el almacenamiento de agua, C, N y P en el suelo a lo largo de un gradiente hídrico asociado a *Quercus castanea* en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. Sobre lo cual hipotetizamos que serán las condiciones pedogenéticas y no las climáticas la principal fuente de variación a lo largo del gradiente de aridez, determinado a través del índice de Lang. Para lograr nuestro objetivo se identificaron cuatro puntos a lo largo de un gradiente de aridez cuya diferencia en los extremos es de 1.5°C y 30% de precipitación en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán y en cada uno de ellos se abrió una calicata a 1 m de profundidad, se delimitaron los horizontes genéticos y se obtuvieron muestras inalteradas para la determinación de la densidad aparente y el punto de marchitez permanente, y muestras alteradas para la cuantificación de la concentración de C orgánico, N y P totales, la determinación de textura y humedad gravimétrica. Se calculó el contenido de agua, C orgánico, N y P totales de forma estandarizada a 1 m³ y se estableció su relación con la precipitación anual media, la precipitación media anual, el índice de Lang y el contenido de partículas minerales en los suelos. Los resultados obtenidos sugieren que las variables climáticas no explican la cantidad de agua y elementos almacenados en los suelos, sino que son las características edáficas las que regulan la capacidad de contenerlos, esto una vez que se determinó que los suelos muestran eventos poligenéticos que hacen que no haya un gradiente de desarrollo edáfico en el mismo sentido que las condiciones ambientales y que por lo tanto sean las características edáficas las últimas reguladoras y la principal fuente de variación en la capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes en los suelos estudiados.

Palabras clave: *bosque templado; biogeoquímica; gradiente de aridez*

5.36. Almacén de carbono en la biomasa aérea de plantaciones forestales de pino en la cuenca Amanalco-Valle de Bravo

García-Martínez, R.^{1,*}; Hernández-Soto¹, F. N.; García-Urbina, J. de la Cruz-Santiago¹, M.; Emeterio-Moreno, J.¹ y Colín-Velázquez, M. K.¹

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

* Autor para correspondencia: rgm1117@gmail.com

Resumen

Las plantaciones forestales de pino se establecen principalmente para la producción de madera que abastece a los aserraderos ubicados dentro de la cuenca Amanalco-Valle de Bravo. Adicionalmente, brindan el servicio ambiental de captura y almacén de carbono durante su crecimiento. Esta información sirve para valorar económicamente el servicio ambiental de estos sistemas productivos. Aunque en la cuenca se establecen continuamente plantaciones forestales de pino, no se realizan estudios para evaluar el potencial que tienen para almacenar C. Por ello, el objetivo de este estudio fue estimar la cantidad de C almacenado en la biomasa aérea de los árboles de plantaciones de tres especies de pino de diferentes edades. Para ello se realizó un muestreo para medir 100 árboles de cada plantación. La densidad de plantación fue de 1100 árboles ha⁻¹. Con ayuda de ecuaciones alométricas generadas en distintos estados del país se cuantificó la biomasa y el carbono de los individuos y de la plantación. De acuerdo con los datos obtenidos, *P. ayacahuite* puede almacenar 339 Mg ha⁻¹ antes de ser cosechados (16 años). Por otro lado, para los individuos jóvenes, *P. patula* acumuló mayor cantidad de C (17 Mg ha⁻¹) comparado con *P. pseudostrobus* (6.2 Mg ha⁻¹). Es necesario evaluar otras plantaciones de *P. patula* y *P. pseudostrobus* para establecer su capacidad de almacén de carbono una vez alcanzada la edad de cosecha.

Palabras clave: *plantaciones forestales, servicios ambientales, cambio climático, biomasa aérea pino.*

5.37. Estimación de productividad primaria bruta mediante fluorescencia de la clorofila (SIF) en bosques tropicales secos del noroeste de México

Jurado-Méndez Marina¹; Aispuro-Arana Francisco H.¹; Fuentes-Serna Axel B.¹; Méndez-Barroso Luis A.^{2,*} y Yépez González Enrico².

¹ Posgrado en Ciencias en Recursos Naturales. Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de febrero 818, Centro, CP 85000. Ciudad Obregón, Sonora.

² Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente., Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de febrero 818, Centro, CP 85000. Ciudad Obregón, Sonora.

*Autor de correspondencia: luis.mendez78585@potros.itson.edu.mx

Resumen

La estimación de producción primaria bruta (GPP) sigue siendo un desafío importante en el ciclo global de carbono. Durante décadas se han desarrollado diversos métodos para estimar GPP basados en percepción remota, principalmente sensores ópticos. Sin embargo, la alta resolución espacio-temporal y la baja relación señal-ruido de los datos, dificultan su aplicación en ecosistemas fragmentados afectando la estimación de GPP. La fluorescencia de clorofila inducida por el sol (SIF) es una señal emitida durante el proceso fotosintético a nivel molecular, lo cual representa una ventaja sobre la medición de la productividad con métodos ópticos tradicionales. En este estudio se desarrollaron dos modelos para la estimación de GPP basados en la relación de GPP a escala de ecosistema y estimado por medio de la técnica de covarianza de vórtices (GPP-EC) y datos de percepción remota de SIF. Los datos de GPP se obtuvieron de dos equipos de medición de EC instalados en un bosque tropical seco en el Noroeste de México durante los años 2016-2020. Los datos de SIF se obtuvieron del Instrumento de Monitoreo de la Troposfera (TROPOMI) y del Observatorio de carbono en órbita 2 (OCO-2), ambos disponibles para el sitio de estudio y con resolución temporal de un día. Los resultados muestran una estrecha relación lineal entre GPP-EC y SIF, destacando TROPOMI con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.92 y una mejor resolución espacial (3x7 km). Los modelos desarrollados para la estimación de GPP tuvieron un excelente desempeño en la calibración con R^2 entre 0.91 y 0.92 y mostrando un deterioro en la validación con R^2 entre 0.73 y 0.83. El presente trabajo muestra una alternativa para la medición de GPP en estos ecosistemas altamente estacionales.

Palabras clave: *Productividad primaria bruta; modelación; reservas de carbono; bosques caducifolios*



Sección 6

**SISTEMAS
AGROPECUARIOS**

6.1. Validación de la evapotranspiración a partir del balance hídrico para cultivo de avena en un clima semiárido

Juárez-Altamirano René^{1,*}, Salas-Aguilar Víctor² y Flores-Rentería Dulce³

¹ 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.

² Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Kilómetro 3.5 Carretera Anáhuac S/N, C.P. 31600. Anáhuac, Municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

³ 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: rene.juarez@cinvestav.mx

Resumen

El aumento de la presión sobre los recursos hídricos debido al crecimiento de la población exige no solo más agua para la alimentación, sino que también induce cambios en el ciclo hidrológico regional. Para una adecuada gestión del agua es necesario la estimación precisa de la evapotranspiración que jugaría un papel importante en diversos campos de investigación, el monitoreo regional de la sequía y la gestión de los recursos hídricos. Este trabajo tiene el objetivo de validar el método de balance hídrico como un método más accesible a usuarios comunes a través del método de Covarianza Eddy. Para ello se instaló una torre de Covarianza Eddy en un cultivo de avena en el municipio de General Cepeda y se instalaron sensores de tensión hídrica en el suelo, en tres pozos de observación a profundidades de 3cm, 12cm, 22cm y 40cm, para el cálculo de la evapotranspiración por el método de balance hídrico para validar el método con regresiones lineales. Los resultados muestran que los sectores de la parcela cuentan con un riego irregular y arbitrario lo cual dificulta las estimaciones por el método de balance hídrico, para obtener mejor ajuste se realizó una correlación multivariable con las estimaciones de evapotranspiración por etapa fenológica a 3cm y 40 cm de profundidad obteniendo $R^2=0.839$. El método fue validado y puede utilizarse el balance hídrico como método de estimación de la evapotranspiración en el cultivo de avena. El ajuste del modelo podría mejorarse controlando la irrigación del cultivo.

Palabras clave: *avena, balance hídrico, Covarianza Eddy, validación.*

6.2. Efecto de la humedad y temperatura en la respiración del suelo de pastizales ganaderos

López-García Karla L.¹ y Flores-Rentería Dulce Y.^{2,*}

¹ 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.

² 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.flores@cinvestav.edu.mx

Resumen

El suelo tiene la capacidad de almacenar el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera a través de diferentes procesos. Sin embargo, estos almacenes pueden verse comprometidos dependiendo del uso y manejo del suelo. La ganadería extensiva históricamente ha alterado la dinámica del C en el suelo, casi siempre con impactos negativos. En décadas recientes se han implementado prácticas autodenominadas regenerativas que buscan mantener el C del suelo, entre otras propiedades positivas para la actividad. Sin embargo, su evaluación es un tema aún pendiente. El objetivo del presente estudio fue analizar la respiración del suelo (R_s) y los factores abióticos que la controlan en pastizales ganaderos con manejo regenerativo. Se analizaron dos sitios de estudio, el rancho Valle Colombia (VC) con manejo holístico y el rancho Los Robles (LR), con manejo no selectivo, ambos sitios con su respectivo control. Se determinó la R_s en octubre del 2021, además, se determinó la humedad relativa, temperatura del aire (Ta), humedad del suelo (Hs) y temperatura del suelo (Ts). La R_s fue superior en los ranchos regenerativos (0.137 y 0.195 gC m²h⁻¹ para VC y RL, respectivamente) en comparación con su respectivo control (0.063 y 0.054 gC m²h⁻¹). La R_s de VC se correlacionó positivamente con la Ta (68%) y la Ts (58%), y negativamente con la Hs (50%). Mientras que en el LR ninguno de los factores abióticos tuvo una correlación significativa con la R_s, indicando que existen otros factores, probablemente bióticos, que están regulando la liberación de C a la atmósfera.

Palabras clave: *manejo regenerativo; respiración del suelo; factores abióticos; pastizales ganaderos.*

6.3. El maguey pulquero, descripción del cultivo y explotación en el Estado de Tlaxcala

Flores-Morales Areli^{1*}; Aquino-Juárez Dulce V.; Ocaranza-Sánchez Eric² y Sánchez-Contreras Ángeles³

¹ Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. Km 7.5 Carretera Fed. San Martín Texmelucan-Tlaxcala, C.P. 90122. Tlaxcala.

² Centro de investigación en biotecnología aplicada- IPN. Km 1.5 Carr. Est. Sta. Inés Tecuexcomac - Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala.

³ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Tablaje Castral 31264 Km 5.5 Carr. Sierra Papacal Chuburná Puerto, Parque Científico de Yucatán, C.P. 97302, Mérida Yucatán México.

* Autor para correspondencia: floresafm@hotmail.com y msanchez@ciatej.mx

Resumen

Las agaváceas recientemente se han considerado como una alternativa económica de manejo regenerativo en los territorios áridos y semiáridos de México, debido al metabolismo del ácido de las crasuláceas (CAM) como un mecanismo de concentración de CO₂ que facilita la adaptación de las plantas a entornos con escasez de agua. Adicionalmente a que poseen una resiliencia y adaptabilidad a factores climáticos adversos, este grupo de plantas, suman interés por la multiplicidad de productos derivados ya conocidos y los que potencialmente les agregan valor (por ejemplo ensilado de penca como alimento para rumiantes, fibra para alimentos de mascota, inulina alimenticia, materia prima para mezcal o fuente de pulque entre otros) todos ellos ofrecen alternativas económicas regionales contribuyendo adicionalmente a la mejora del impacto del calentamiento global. El maguey pulquero, como otros agaves toma varios años en crecer y alcanzar un tamaño comercial o de explotación. Sin embargo, esto es precisamente lo que lo hace perfecto para integrarse en sistemas agrícolas no convencionales, que permitan una mayor captura de carbono. Por ello, ante la inminente pérdida de variedades de alto rendimiento a lo largo de la historia productiva del agave pulquero, es importante ahondar en la clasificación que se tiene como *Agave salmiana* o Agave pulquero, ya que esta se aplica a todas las variedades conocidas localmente como Ayoteco, Chalqueño, Manso, Púa larga, Cenizo y Amarillo, todas variedades reconocidas como productoras de pulque en las dos zonas de estudio de este trabajo (Nanacamilpa y Atltzayanca) realizado en el estado de Tlaxcala. Encontramos que a pesar de que cada variedad posee características morfológicas únicas, en términos de explotación del cultivo y productividad. Los productores de cada zona prefieren cultivar la variedad púa larga por ser un maguey de gran altura, pencas largas, cutícula delgada, mayor número de espinas, roseta más gruesa, con producción de aguamiel de 10 a 12 L por día, así como la variedad manso por ser un maguey de altura, de pencas poco alargadas, roseta menos gruesa y con productividad hasta 15 L por día. Aunque ambas producen aguamiel, el característico líquido dulce, transparente (11 a 16 °Brix), ligeramente alcalino, que contiene minerales, proteínas, con un aporte de aminoácidos considerados como esenciales y carbohidratos. Aunque en general, los componentes del aguamiel difieren significativamente por cada variedad, la importancia del cultivo y desarrollo agroindustrial del maguey es extensa. No obstante, también posee factores limitantes como son un largo periodo de cultivo, pobres prácticas culturales para renovar las poblaciones a partir de los vástagos y, sobre todo, una falta de iniciativas y apoyo para el desarrollo tecnológico e industrial. De este modo el presente trabajo contribuye al conocimiento de estas variedades de cultivo tradicionales, esperando generar un mayor desarrollo social, que a su vez contribuya a conservar las tradiciones culturales, a través de un mejor aprovechamiento sustentable, sin agotar los recursos naturales y conservar la biodiversidad de genes, poblaciones y ecosistemas de estas variedades cultivadas en la zona de Tlaxcala que tanto aportan al paisaje y economía turística del estado y a los que adicionalmente se les puede impulsar como una alternativa de captura de CO₂.

Palabras clave: *Agave, cultivo, características morfológicas.*

6.4. Almacén de carbono en sistemas agroforestales de café en la localidad de Xochiojca, Zongolica, Veracruz

Tlaxcala-Méndez Rolando M.^{1*}; Aquino-Ramírez Martín²; Pablo-Mendoza María del C.¹ y Santiago-Trinidad Olga¹.

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

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

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

Resumen

Los sistemas agroforestales de café (SAFC) bajo sombra diversificada ayudan en la conservación de la biodiversidad y provisión de servicios ambientales como la captura de carbono. Sin embargo, el conocimiento sobre los almacenes de carbono en los SAFC de localidades específicas de la región central de Veracruz es limitada. El presente estudio se realizó con el objetivo de cuantificar la capacidad de almacenamiento de carbono (C) en la biomasa vegetal aérea de los SAFC en la localidad de Xochiojca, Zongolica, Ver. Para ello, se establecieron 45 unidades de muestreo (UM) de 400 m² (20 x 20 m) distribuidos aleatoriamente en seis fincas de café. Los árboles se identificaron por familia, género y en la mayoría hasta nivel especie. Se registraron las variables dasométricas de los árboles y plantas de *Coffea arabica* L. Se determinó la importancia fitosociológica de las especies arbóreas por medio del índice de valor de importancia (IVI). El C de la biomasa aérea fue estimado por medio de ecuaciones alométricas y con el factor de 0.5. Las especies con mayor IVI fueron *Quercus* sp., *Cedrela odorata*, *Cupania glabra* y *Cordia alliodora*. El C almacenado promedio en los SAFC fue de 109.29 ± 7.21 Mg C ha⁻¹, de los cuales 107.61 ± 7.12 Mg C ha⁻¹ corresponden a la biomasa de los árboles y 1.68 ± 0.09 Mg C ha⁻¹ en los cafetos. Lo anterior, comprueba el potencial de los SAFC de la localidad para ser considerados en futuros proyectos relacionados con los mercados de carbono para compensar a los productores.

Palabras clave: SAFC; IVI; *Coffea arabica* L.

6.5. Biomasa de raíces finas aumenta con la biomasa arbórea en sistemas silvopastoriles de Chiapas, México

Morales-Ruiz Danilo E.^{1,*}; Aryal Deb Raj²; López-Hernández Juan C.¹; Pinto-Ruiz René¹; Guevara-Hernández Francisco¹; Casanova-Lugo Fernando³; Villanueva-López Gilberto⁴; Venegas-Venegas José Apolonio² y Reyes-Sosa Mariela²

¹ Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas

² CONACYT-UNACH, Facultad de Ciencias Agronómicas

³ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Zona Maya, Quintana Roo

⁴ El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, Tabasco, México

* Autor para correspondencia: morales@outlook.com

Resumen

Los árboles dentro de los sistemas ganaderos son un componente muy importante porque aumentan el almacenamiento de carbono en biomasa y suelo. El efecto de la biomasa arbórea en la producción y recambio de raíces finas no se ha estudiado ampliamente y es necesario conocer para el desarrollo de los sistemas agroforestales que permitan aumentar la producción, alimentos y otros servicios ecosistémicos. El objetivo de este estudio fue evaluar la biomasa de raíces finas y su relación con la biomasa arbórea en sistemas silvopastoriles en Chiapas. Se realizó el muestreo en 10 sitios en dos sistemas silvopastoriles, árboles dispersos en potrero y cercas vivas para medir biomasa en componente arbóreo y analizar la producción de raíces finas, cuantificados por dos diferentes métodos: i) incremento positivo y ii) biomasa viva media. También se calculó el recambio de raíces finas. Los resultados mostraron que la biomasa de raíces finas (g/m^2) se correlacionó positivamente con la biomasa aérea (t/ha). La regresión lineal tuvo una bondad de ajuste aceptable ($R^2= 0.6461$). Se observa que a mayor biomasa arbórea aumenta la producción de raíces finas. Sin embargo, la tasa de recambio de raíces finas ($/\text{año}$) y biomasa arbórea (t/ha) mostraron una débil relación negativa ($R^2= 0.1635$) donde se observa que a mayor biomasa arbórea disminuye el recambio de raíces finas. Los resultados contribuyen a mejorar nuestro entendimiento de la dinámica subterránea de carbono en sistemas agroforestales pecuarios.

Palabras clave: *agroforestería pecuaria, sistemas ganaderos, raíces finas, biomasa arbórea, incremento positivo, biomasa viva media.*

6.6. Carbono orgánico del suelo en dos sistemas ganaderos de La Concordia, Chiapas; México

López-Hernández Juan C.¹; Aryal-Deb R.²; Pinto-Ruiz Rene²; Reyes-Sosa Mariela B.²; López-Hernández Adalberto²; Medina-Jonapá Francisco J.²; Venegas-Venegas José A.²; Villanueva-López Gilberto³ y Casanova-Lugo Fernando⁴

¹ Universidad Autónoma de Chiapas. Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical. Carretera Ocozocuatla-Villaflores Km. 84.5, Villaflores, Chiapas, México

² Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Carretera Ocozocuatla-Villaflores Km. 84.5, Villaflores, Chiapas, México

³ Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, CP 86280, Villahermosa, Tabasco, México.

⁴ Instituto Tecnológico de Zona Maya, Carretera Chetumal-Escárcega Km 21.5, Othón P. Blanco, C.P. 77965, Quintana Roo.

* Autor para correspondencia: juan.lopez15@unach.mx

Resumen

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP), son alternativas sustentables de producción pecuaria que permiten hacer un mejor uso y manejo de los recursos naturales, a la vez contribuyen a revertir los impactos ambientales derivados de las actividades pecuarias. Una forma de mitigar los efectos del cambio climático es a través de la captura de carbono en el suelo o en biomasa. En este estudio se cuantificó la cantidad de carbono almacenado en suelo en dos sistemas de un rancho ganadero del municipio de La Concordia, Chiapas; uno SSP con la especie *Leucaena leucocephala* asociado a un pasto nativo y el otro, Monocultivo de Pastizal sin árboles (MP). Mediante el método de Walkley-Black y espectofotometría a 600 nm se determinó el Carbono Orgánico del Suelo (COS) y la Densidad Aparente (DA). Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial por profundidad y sistema con tres repeticiones. El contenido COS en el SSP varió de 5.0 a 3.1% y de 4.9 a 2.9% en Monocultivo de pasto. La densidad aparente del suelo resultó significativa entre sistemas, donde MP obtuvo valores menores que SSP. En el *stock* de carbono los resultados fueron significativos entre profundidades de suelo en SSP con valores de 66.9, 56.8 y 51.8 t ha⁻¹ en las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm. En monocultivo de pasto, esto vario de 43.1 a 59.9 t ha⁻¹, siendo el más alto en 0-10 cm y mas bajo en 40-50 cm de profundidad.

Palabras clave: *captura de carbono, sistemas ganaderos, densidad aparente, contenido de COS.*

6.7. Evaluación del efecto antimetanogénico de *Cymbopogon citratus* en novillas en crecimiento

Vázquez-Carrillo María F¹; Zaragoza-Guerrero Reynaldo²; Corona-Gochi Luis¹, González-Ronquillo Manuel²; Castillo-Gallegos Epigmenio¹ y Castelán-Ortega Octavio A^{2,*}.

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

² 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

El metano producido por fermentación entérica en el ganado bovino es un desperdicio de energía para el animal y contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto antimetanogénico niveles crecientes de suplementación de *Cymbopogon citratus* (CC) sobre el consumo de materia seca (CMS), la digestibilidad y la partición de la energía bruta consumida en novillas en crecimiento alimentadas con una dieta alta en forraje (68.6% forraje: 31.4% concentrado). Se realizó un experimento con 4 ³/₄ novillas Holstein × ¹/₄ Charolais distribuidas en un diseño de cuadrado latino 4 × 4. Las dietas a evaluar fueron: 1) dieta control (CO), 2) CO + 30 g MS/d CC, 3), CO + 60 g MS/d CC, y 4) CO + 90 g MS/d CC. Se observó una reducción del 22.4 % en el rendimiento de metano (CH₄ g/kg MSi) en la dieta con la inclusión de 30 g MS/d CC ($P \leq 0.05$), sin verse afectada la digestibilidad de MS y nutrientes. También hubo una reducción del 21.2 % en el factor *Y_m* con la inclusión de 30 g MS /d CC ($P \leq 0.05$).

Palabras clave: metano; partición de la energía bruta consumida; factor *Y_m*, *Cymbopogon citratus*.

6.8. Efecto de *Cymbopogon citratus* en la fermentación ruminal *in vitro* y la producción de metano

Zaragoza-Guerrero Reynaldo^{1,*}; Vázquez-Carillo María F.²; González-Ronquillo Manuel¹ y Castelán-Ortega Octavio A.¹

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, Colonia Centro, CP 50000 Toluca Estado de México, México.

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3004 Col Copilco Universidad, Coyoacán 04510 Ciudad de México, CDMX.

* Autor para correspondencia: rzaragozag255@alumno.uaemex.mx

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el te limón (TL) como aditivo a dietas para bovinos. Se evaluó la producción de gas (PG) en dietas suplementadas con TL en una relación forraje: concentrado de 68.6:31.3. Se empleó un diseño factorial 2 x 13, donde los factores evaluados fueron: tipo de forraje (1=rastrojo de maíz, 2=paja de avena) nivel de suplementación con te limón TL: 0.0, 0.5, 1.0, así hasta 6.0% de la dieta en base seca (MS). Se registró el volumen de producción de gas, producción de CH₄ a las 24 y 48 h, y digestibilidad de la MS a las 48h. Los resultados muestran diferencias significativas para el tipo de forraje ($p < 0.01$), nivel de suplementación ($p < 0.01$) y la interacción entre ambos factores ($p < 0.001$). El rastrojo de maíz (RM) produjo más gas que la paja de avena (PA) ($P < 0.01$). El RM produjo más CH₄ que la PA ($P < 0.01$). La producción de CH₄ se redujo significativamente ($P < 0.01$) por la suplementación con TL en los tratamientos con RM y PA a las 24h, observando un efecto cuadrático. Sin embargo, a las 48 h post incubación solo se observó reducción en la producción de CH₄ en Los tratamientos con RM a 0.5%, 1.5% y 5.55. Concluimos que el efecto sobre la producción de CH₄ dependió de la interacción tipo de forraje x dosis de TL, el efecto antimetanogénico mas alto fue a dosis de 0.5% y 1.5%.

Palabras clave: bovinos; metano; producción de gas *in vitro*; rastrojo de maíz; paja de avena; te limón.

6.9. Captura de carbono en los suelos de sistemas de producción de café bajo sombra

Quiñones-Sánchez Edith^{1,*}; Bolaños-González Martín A.¹; López-Pérez Adolfo¹; Báez-Pérez Aurelio² y Villa-Herrera Adán³

¹ Posgrado en Hidrociencias, Colegio de Postgraduados *campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CE Bajío. Carretera Celaya San Miguel Allende Km. 6.5 Celaya, Gto., C.P. 38110.

³ Programa Mexicano del Carbono, Chiconautla N°8-A, Lomas de Cristo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56225.

* Autor para correspondencia: 3dqu15a@gmail.com

Resumen

Los sistemas agroforestales proveen, además de alimentos e ingresos económicos para los productores, una cantidad importante de servicios ecosistémicos, siendo uno de los más importantes la captura de carbono (C) a través de la producción primaria neta. Así, en este trabajo se evalúa la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico del suelo (COS) en sistemas de producción de café bajo sombra, ubicados en la Sierra Madre de Chiapas, la cual se compara con la de sistemas de vegetación natural de la zona y la del cultivo de maíz. El COS se estimó de 0 a 30 cm de profundidad en la fracción fina del suelo (mayor a 2 mm de diámetro). Los resultados mostraron que la vegetación secundaria arbórea de la selva mediana perennifolia tuvo la mayor reserva de COS (103.2 Mg ha⁻¹) y el bosque de pino-encino la menor (26.8 Mg ha⁻¹); en tanto el cultivo de maíz reportó un contenido sensiblemente menor (31.2 Mg C ha⁻¹). En sistemas productivos de café, el rústico obtuvo la mayor reserva (113.2 Mg ha⁻¹) y el monocultivo bajo sombra la menor (71.1 Mg ha⁻¹). Adicionalmente, se propuso y evaluó un modelo multivariado, encontrándose que el almacén de C de la capa de hojarasca y la altitud tuvieron mayor influencia para explicar el contenido de COS, siendo estadísticamente significativas. Por el contrario, el porcentaje de cobertura de vegetación arbórea en los sistemas de producción de café no fue estadísticamente significativo.

Palabras clave: *carbono orgánico del suelo; sistemas agroforestales; uso de suelo, Sierra Madre de Chiapas.*

6.10. Agricultura de conservación y su efecto en la captura de carbón orgánico del suelo

Espinosa-Ramírez Martín* y Ortiz-Chairez Flor E.¹

¹ Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros - Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas.

* Autor para correspondencia: espinosa.martin@inifap.gob.mx

Resumen

El estudio se inició en el ciclo agrícola O-I 2016/2017, estableciendo el cultivo de sorgo en la segunda quincena de febrero 2017. Se evaluaron los siguientes tratamientos: T1) cero labranza con 100 % de residuos de cosecha (CLC100 %), T2) cero labranza con 50 % de residuos de cosecha (CLC50 %), T3) cero labranza con 0 % de residuos de cosecha (CLC0 %), T4) subsuelo más rastra (S+R) y T5) barbecho más rastra (B+R), como tratamiento testigo. El diseño en campo fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El objetivo fue evaluar el efecto de la agricultura de conservación en la captura de carbón orgánico del suelo. Para el caso de nitrógeno total, en el promedio de los cinco años evaluados, existió diferencia significativa entre tratamientos, siendo T1, T2, T3 y T4 iguales, pero T1 el que mostró una mayor cantidad con 0.543 Mg ha⁻¹ y fue diferente a T5. Por lo tanto, el sistema de agricultura de conservación, manteniendo los residuos de cosecha sobre la superficie, incrementa la captura del carbón orgánico del suelo.

Palabras clave: *captura; COS; AC; Tamaulipas.*

6.11. Variación del *staygreen* en 12 genotipos de trigo (*Triticum spp*) bajo condiciones experimentales de calor

Aispuro-Arana Francisco H¹; Pinto R Suzuki^{2,*}; Parra-Cámara Oscar¹; Reyes-Hernández Mayte F.¹, Rivera-Díaz Miguel A.²; Garatuza-Payán Jaime² y Yépez Enrico A.²

¹ Posgrado en Ciencias en Recursos Naturales. Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de febrero 818, Centro, CP 85000. Ciudad Obregón, Sonora.

² Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente. Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de febrero 818, Centro, CP 85000. Ciudad Obregón, Sonora.

* Autor de correspondencia: suzuky.pinto19018@potros.itson.edu.mx

Resumen

La duración del verdor en plantas de trigo está asociada con la asimilación de carbono, principalmente durante el periodo de llenado de grano, por lo que genotipos que permanecen verdes por más tiempo tienen una mayor oportunidad para la síntesis y translocación de carbohidratos hacia los granos. No obstante, el incremento de la temperatura terrestre afecta al desarrollo fisiológico de las plantas. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la variación del *staygreen* (permanencia del verdor) de 12 genotipos de trigo (*Triticum spp*) cultivados bajo condiciones de calor nocturno, e identificar aquellos con potencial de tolerancia al estrés por altas temperaturas. Durante el ciclo 2021-2022 se llevó a cabo el experimento en el Valle del Yaqui, Sonora sembrando 12 genotipos de trigo bajo 2 tratamientos; tratamiento 1: dosel sometido a incremento de temperatura nocturna de 2°C (Calor), tratamiento 2: dosel sometido a temperatura ambiente (Control). Las variables evaluadas fueron *Staygreen* (Stg), área debajo de la curva (StgAUC), tasa de senescencia (RS), Rendimiento (GY), duración de llenado de grano (GF) y el índice de tolerancia al calor (HTI). De acuerdo con los resultados, el tratamiento de calor mostró un impacto significativo sobre las variables evaluadas, disminuyendo el *staygreen* de 0.43 a 0.40 en por lo menos cuatro genotipos todos del tipo harinero y reduciendo de 47 a 44 días en promedio la duración de llenado de grano, mostrando por lo tanto susceptibilidad moderada al incremento experimental de temperatura nocturna.

Palabras clave: *cambio climático, índice de vegetación, tolerancia, alta temperatura.*

6.12. Biocarbón como sustrato para la producción y reducción de la huella gris en arándanos

Medina-Orozco Lenin E.^{1,*} y Medina-Orozco, I. N.²

¹ Tecnológico Nacional de México / I.T del Valle de Morelia. Carretera Morelia Salamanca km 6.5. Colonia Los Ángeles. C.P. 58100. Morelia, Michoacán.

² Residente profesional, Universidad Virtual del Estado de Michoacán (UNIVIM). Defensor de Chapultepec 1175, Reserva de Guadalupe, C.P. 58147. Morelia, Michoacán.

* Autor para correspondencia: leninmed@gmail.com

Resumen

El biocarbón se ha diversificado en la agricultura en los últimos años. Este producto favorece la absorción de nutrientes por las plantas, acondiciona el suelo confiriéndole alta capacidad de intercambio catiónico, incrementa la absorción de agua, entre varios otros. Sin embargo, el uso del biocarbón como sustrato alternativo en cultivos hidropónicos ha sido poco explorado. Por lo anterior, en el presente trabajó se evaluó el biocarbón derivado de olotes de maíz como sustrato en la producción de arándano. Se obtuvo biocarbón en un reactor usando como biomasa, olotes de maíz. Se realizó un diseño de tres bloques completos al azar con dos tratamientos: (F) sustrato, fibra de coco y (B) sustrato de biocarbón. La nutrición se realizó con una mezcla comercial. Los resultados sugieren que la sobrevivencia del trasplante de las plántulas hacia los sustratos fue de 96.6 % en ambos casos y mayor a 90 en la sobrevivencia final. El número de frutos por planta y la producción no presentó diferencias significativas; mismo caso se presentó en la temperatura de los sustratos. Diferencias significativas se presentaron en la Evapotranspiración, siendo de 261 mL d⁻¹ en (F) y 213 mL d⁻¹ en (B). El mismo comportamiento se midió en la concentración de nitratos del escurrimiento; siendo 614 y 321 mg L⁻¹ para F y B, respectivamente. Se concluye con la información disponible, que el biocarbón puede ser un sustituto del sustrato de la fibra de coco sin detrimento de la producción y con potencial para reducir la huella hídrica del cultivo de arándano.

Palabras clave: *huella hídrica, sustratos alternativos, agua virtual.*

6.13. Caracterización de las emisiones de amoníaco, metano y óxido nítrico de actividades agropecuarias en el estado de California, E.U.A.

Rojas-Robles Nidia¹ y Hopkins Francesca¹

¹ Environmental Science Department, College of Natural and Agricultural Science; Universidad de California Riverside, 900 University Ave, Riverside, CA, 92507.

* Autor para correspondencia: nidia.rojasrobles@ucr.edu

Resumen

Las actividades agropecuarias contribuyen sustancialmente a las emisiones de amoníaco (NH₃), metano (CH₄) y óxido nítrico (N₂O) a la atmósfera. Sus emisiones son significativas en términos de calidad de aire y clima. Cuantificar las emisiones de estos gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes del aire es importante para entender su abundancia en la atmósfera, así como desarrollar políticas dirigidas a la calidad del aire y mitigación de cambios en el clima. Sin embargo, cuando cuantificar las emisiones se torna complicado debido a la escasez de información, la razón de incrementos (Enhancements ratios, ER) es una métrica que podemos utilizar como firma distintiva de las fuentes de estos gases, ya sea fermentación entérica, manejo del estiércol o aplicación de fertilizantes, y eventualmente útil para ajustar inventarios, modelos y estimaciones de emisiones. Con el objetivo de identificar y caracterizar las fuentes que contribuyen a las emisiones de GEI y NH₃ en términos de prácticas de manejo y variabilidad espaciotemporal particularmente en granjas lecheras, se llevó a cabo un estudio intensivo en 10 granjas distribuidas a lo largo del estado de California, desde julio-2021 hasta septiembre-2022, con prácticas de manejo desde convencionales, orgánicas y combinadas. Para esto, se utilizó un laboratorio móvil equipado con instrumentos para medir concentraciones atmosféricas de CH₄, N₂O y NH₃ en tiempo real. Se identificaron y muestrearon todas las fuentes potenciales dentro de los sitios y se estimaron los ER. Esta información permitirá comprender la variabilidad temporal (estacional y diurna) así como espacial (diferencias en prácticas de manejo, clima, e infraestructura) de las emisiones de GEI y NH₃ por la producción de leche, así como proveer información para crear estrategias de mitigación y reducir la incertidumbre de los actuales inventarios de emisiones en el estado de California.

Palabras claves: *inventarios de emisiones, laboratorio móvil, razón de incrementos, prácticas de manejo convencional y orgánicas.*

