



Compiladores:

J. Martín Hernández Ayón

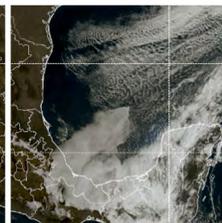
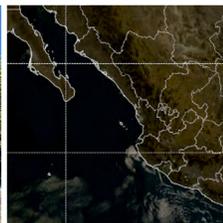
Tonantzin Tarin Terrazas

Martín A. Bolaños González

Patricia Ibarra Alonso

Ciudad de México

2025



Programa Mexicano del Carbono



MEMORIA

Resúmenes Cortos



Programa Mexicano del Carbono

RED TEMÁTICA DEL CONAHCYT



INSTITUTO DE ECOLOGÍA
UNAM



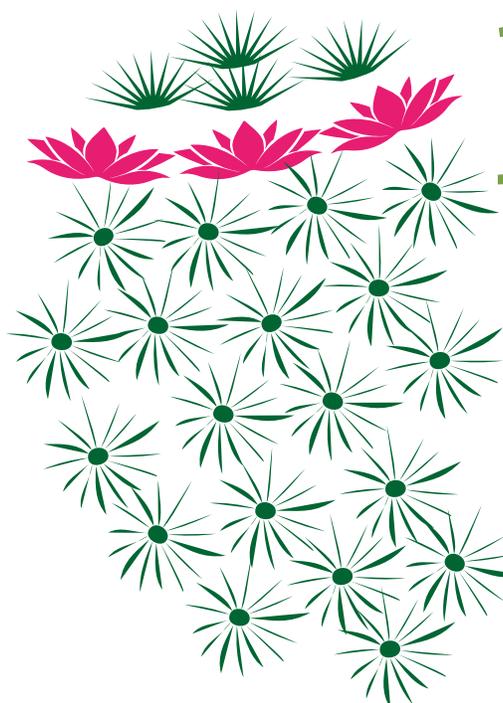
INSTITUTO DE GEOLOGÍA
Universidad Nacional Autónoma de México



INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA
ATMÓSFERA
Y CAMBIO CLIMÁTICO



Facultad de Estudios Superiores
IZTACALA



XVI

Simposio Internacional del Carbono en México

Ciudad Universitaria, UNAM
2025



PMG
Programa Mexicano del Carbono
RED TEMÁTICA DEL CONAHCYT



Programa Mexicano del Carbono, A.C.

Calle Morelos No. 17

Colonia San Simón, C.P. 56210

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.

XVI Simposio Internacional del Carbono en México

MEMORIA DE RESÚMENES CORTOS

Comité Organizador Local

Dra. Tonantzin Tarin Terrazas
Instituto de Ecología

Dr. Javier Alcocer Durand
FES Iztacala

Dr. Bruno M. Chávez Vergara
Instituto de Geología

Dr. Mario Guevara Santamaria
Instituto de Geociencias

Dr. Michel Grutter
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio
Climático

Biol. Eugenia González del Castillo
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio
Climático

Comité Organizador Nacional

J. Martín Hernández Ayón
Coordinador del PMC

Martín A. Bolaños González
Colegio de Postgraduados

Comité Organizador Internacional

Dr. Blas L. Pérez Henríquez
Stanford University

Programa Mexicano del Carbono

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México.
Septiembre 2025

CONTENIDO

Sección 1

ATMÓSFERA

		1
1.1.	La representatividad espacial de MexFlux: retos y oportunidades	2
1.2.	Análisis emisiones de metano de granjas lácteas utilizando modelos de IA de detección de objetos	3
1.3.	Estrategia de captura y secuestro de CO ₂ y emisiones de gases de efecto invernadero a partir de los residuos sólidos-Casos de Éxitos en Colombia y México.	4
1.4.	Carbono elemental y orgánico impactado en las hojas de <i>Fraxinus uhdei</i> en Ciudad Universitaria	5
1.5.	Hidrometeorología del rocío en un agro-ecosistema de trigo en el Valle del Yaqui, México.	6
1.6.	Emisiones de metano a través de dos especies de árboles de humedales urbanos de montaña en Xalapa, Ver.	7
1.7.	Efecto de las relaciones hídricas sobre la productividad primaria bruta en un bosque tropical seco.	8
1.8.	Variación diurna y estacional de la respiración del suelo en un bosque urbano de la Ciudad de México.	9
1.9.	Torres de flujo como instrumento para formular estrategias climáticas en ciudades.	10
1.10.	No sobreestimemos el potencial de la vegetación urbana para compensar las emisiones antropogénicas de carbono.	11

1.11.	Monitoreo de flujos ecosistémicos a largo plazo en el bosque tropical seco del noroeste de México.	12
1.12.	Estimar emisiones CH ₄ en México a partir mediciones de TOPROMI.	13
1.13.	Evaluación de la estratificación vertical de PM _{2.5} en ambientes interiores de cocinas rurales en Michoacán.	14
1.14.	Sistema de observación de gases de efecto invernadero en México: Logros y retos por parte del ICAyCC-UNAM.	15
1.15.	Emisiones de área de CH ₄ en la región del Bordo Poniente de la Ciudad de México.	16
1.16.	XV años de avance en el monitoreo de flujos de carbono, agua y energía en México.	17
1.17.	Dinámica de flujos ecosistémicos en bosque tropical seco: comparación de footprint por cobertura vegetal.	18
1.18.	CO ₂ en la estación de altura de Alzomoni: 12 años de medición con percepción remota e <i>in situ</i> .	19
1.19.	Variabilidad de los flujos de CO ₂ en un entorno urbano heterogéneo en Ciudad de México.	20
1.20.	Variabilidad del CO ₂ atmosférico en Calakmul, Campeche.	21
1.21.	Determinación de carbono reactivo en ambientes urbanos: Comparación de compuestos carbonílicos en un sitio receptor y un bosque.	22
1.22.	Estudio de la variabilidad y tendencia del CO ₂ en la Ciudad de México.	23
1.23.	Variabilidad de los principales flujos de carbono, agua y energía en la península de Yucatán.	24

Sección 2

BIOENERGÍA

25

2.1.	Estimación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en comercios de alimentos en Morelia, Michoacán	26
------	--	----

Sección 3

DIMENSIÓN SOCIAL

27

- 3.1. Estimación monetaria de la pérdida socioeconómica en áreas afectadas por incendios forestales en la Frailesca, Chiapas 28

Sección 4

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

29

- 4.1. Flujos de nutrientes y metabolismo neto del estero bacochibampo receptor de aguas residuales urbanas en el Golfo de California 30
- 4.2. Concentración de carbono orgánico disuelto en un humedal lacustre de la Ciudad de México 31
- 4.3. Concentración y emisión de CO₂ en tres cuerpos urbanos hipertróficos de la Ciudad de México 32
- 4.4. Caracterización de las propiedades ópticas de la materia orgánica disuelta cromofórica en el sistema de Pozas Rojas, Desierto de Chihuahua 33
- 4.5. Dinámica anual de materia orgánica disuelta cromofórica (MODC) de los lagos de alta montaña El Sol y La Luna, Nevado de Toluca 34
- 4.6. Dinámica del dióxido de carbono en un lago alcalino sódico 35
- 4.7. Flujos de carbono orgánico particulado y clorofila-a en dos lagos de Montebello, Chiapas 36
- 4.8. Carbono orgánico particulado y materia total particulada en 5 pozas rojas de Cuatro Ciénegas, Coahuila 37
- 4.9. Variación espacial del dióxido de carbono disuelto en un humedal lacustre urbano con distintos grados de impacto antrópico. 38
- 4.10. Dinámica anual de la materia orgánica disuelta cromofórica (MODC) en el lago Alchichica, Puebla 39
- 4.11. Biomasa zooplanctónica en lagos tropicales con estados tróficos contrastantes, Lagunas de Montebello Chiapas 40
- 4.12. Materia orgánica disuelta en tres lagos con diferente estado trófico 41

4.13.	Variación del sistema de carbonatos en el Pacífico tropical mexicano.	42
4.14.	Estimación del carbono orgánico particulado a partir de un modelo de sedimentos suspendidos con imágenes Landsat en el río Usumacinta, México	43

Sección 5

ECOSISTEMAS COSTEROS 45

5.1.	Almacenamiento de carbono azul en praderas de pastos marinos en Champotón, Campeche	46
5.2.	Análisis comparativo del seston de dos lagunas costeras (macromareal vs micromareal) en el Golfo de California	47
5.3.	Variabilidad del carbono inorgánico disuelto en el sistema kárstico estuarino-lagunar más grande del sur del Golfo de México	48
5.4.	Cuantificación de almacenes de carbono en suelo superficial de manglar y blanquiazal, en la Reserva de la Biósfera de los Petenes, Campeche	49
5.5.	¿Los flujos no mienten? Artefactos en la medición de CH ₄ y CO ₂ en tallos de árboles	50
5.6.	Emisiones de CH ₄ y CO ₂ mediadas por árboles de mangle: ¿el eslabón perdido de carbono?	51
5.7.	Caracterización de carbono en el ecosistema de pastos marinos de una reserva tropical	52
5.8.	Dinámica de la producción de carbono microbiano primario y secundario en la columna de agua y en los sedimentos de la Laguna de Mandinga, Veracruz	53
5.9.	Procesos que controlan la química del sistema del carbono en Laguna Ojo de Liebre, B.C.S.	54
5.10.	Producción de biomasa en troncos de manglar y su contribución al servicio de aprovisionamiento de madera	55
5.11.	La especiación del carbono inorgánico disuelto como indicador de procesos biogeoquímicos en pozas rocosas de marea tropicales	56
5.12.	Aporte estacional de carbono por la hojarasca de <i>Rhizophora mangle</i> en la Laguna de Mandinga	57
5.13.	Estimación del carbono azul almacenado en biomasa de praderas de pastos marinos de tres sistemas lagunares del norte de Veracruz	58

5.14.	Dos nuevos sitios de monitoreo de flujos verticales de carbono en manglares: Proyecto ManglarIA	59
5.15.	Métodos para la evaluación del carbono azul en manglares y su aplicación en un caso de estudio en Yucatán	60
5.16.	Almacenes de carbono en suelos de manglares bajo diferentes condiciones: Ciénega de Progreso y El Playón RBSK	61
5.17.	Almacenamiento de nutrientes en suelo de manglares: influencia de la zona urbana y de la especie	62

Sección 6

ECOSISTEMAS MARINOS 63

6.1.	Estimación preliminar de pCO_2 superficial en el Golfo de México con una red neuronal con regularización bayesiana (BNNR): desempeño, incertidumbre e implicaciones	64
6.2.	Carbono celular de las parmales (Bolidophyceae, Heterokontophyta): aporte fitoplanctónico en el norte del Pacífico mexicano	65
6.3.	Distribución espacial de biomasa zooplanctónica en el Golfo de Tehuantepec, y su relación con la hidrografía durante julio de 2009	66

Sección 7

ECOSISTEMAS TERRESTRES 67

7.1.	Factores de expansión de biomasa aérea para tres especies de encino en la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México	68
7.2.	Dinámica de carbono espacialmente explícita de un paisaje forestal en el centro de México	69
7.3.	Los Leptosoles como reservorios de carbono en Quintana Roo	70
7.4.	Factores climáticos y edáficos predictores de la variación espacio-temporal del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) en los bosques tropicales secos de México	71
7.5.	Sumideros bajo presión: El impacto de las sequías en los almacenes y flujos de carbono en México (2000-2019)	72

7.6.	Impacto de sequías en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero por incendios en México	73
7.7.	Aridez y vegetación en Sonora: Potenciales implicaciones ecológicas en el almacenamiento de carbono en un contexto de cambio climático	74
7.8.	Estrés abiótico en cultivos perennes en Costa de Hermosillo México	75
7.9.	Efecto del manejo de trigo sobre la disponibilidad de carbono en suelos agrícolas	76
7.10.	Análisis de la heterogeneidad isotópica intra-anual entre poblaciones de <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	77
7.11.	Estado de áreas verdes urbanas de una localidad árida-semiárida: rumbo al establecimiento de ecosistemas urbanos sostenibles	78
7.12.	Síntesis de respiración de suelo en bosques de México	79
7.13.	¿Cómo las heladas invernales mantienen el límite más norteño de la distribución del bosque neotropical seco en Sonora, México?	80
7.14.	Almacén de carbono en la capa superficial del suelo de un sistema etnoagroforestal semiárido en el Valle de Tehuacán, México	81
7.15.	¿Cómo estudiar a las costras biológicas del suelo en un límite semiárido-subtropical?	82
7.16.	Dinámica del movimiento de suelo en un bosque tropical seco: ¿un factor en los flujos de carbono orgánico del suelo?	83
7.17.	Tracking photosynthetic phenology using foliar traits and imaging spectroscopy in evergreen conifer trees	84
7.18.	Carbono orgánico en tierras agrícolas de México: síntesis nacional a partir de datos rescatados	85
7.19.	Materia orgánica en descomposición: flujos de carbono en una sucesión ecológica de bosque tropical seco	86
7.20.	Controles del intercambio neto de CO ₂ en un agroecosistema de invierno del Noroeste de México	87
7.21.	Relación entre color del suelo y carbono orgánico: evidencias del Desierto Chihuahuense	88

7.22.	Almacenes de carbono orgánico en el suelo y en la vegetación en el Parque Ecológico La Joya-La Barreta, Querétaro, México; Hacia un sistema de monitoreo de carbono	89
7.23.	Contenido de materia orgánica y en distintos sistemas productivos en la Cuenca Amanalco-Valle de Bravo, Estado de México	90
7.24.	Avances en el estudio de la respiración y propiedades edáficas en ecosistemas tropicales de la Península de Yucatán	91
7.25.	Trasladando datos de procesos biofísicos a diversas escalas, para la estimación de un índice de vegetación a escala del paisaje. Estudio de caso: Bosque tropical seco secundario en la cuenca del río Cuchujaquí en Álamos, Sonora	92
7.26.	Caracterización edáfica del cerro de la estrella, Ciudad de México	93
7.27.	Carbono orgánico atmosférico fijado en el suelo con relación a la estructura arbórea, Bosque de Tlalpan y Parque Ecológico de la CdMx, Sierra Chichinautzin	94
7.28.	Fotogrametría pasiva y activa con LiDAR para estimar el almacén de carbono en <i>Myrtillocactus geometrizans</i>	95
7.29.	Rasgos de la materia orgánica del suelo en horizontes superficiales rojos y negros de la Península de Yucatán	96
7.30.	Actividad microbiana en tecnosuelos y suelos naturales de Cananea, Sonora, México	97
7.31.	Análisis bibliométrico (1990-2025) del estudio del carbono aéreo en ecosistemas terrestres	98
7.32.	Distribución altitudinal del Carbono orgánico atmosférico fijado en el suelo del volcán Xitle, Sierra Chichinautzin, CdMx	99
7.33.	Análisis multivariado para la selección del sitio de una torre Eddy Covariance en un bosque templado	100
7.34.	Desarrollando un monitoreo integral de los flujos de carbono y sus controladores biológicos ante el cambio global mediante observaciones de reflectancia	101
7.35.	Carbono orgánico total en suelos de laderas con <i>Eucalyptus</i> spp. y <i>Quercus</i> sp encinos en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, México	102
7.36.	Rancho Tlacoapan, un laboratorio vivo para cuantificar la captura de carbono	103

Sección 8

SISTEMAS AGROPECUARIOS

105

8.1.	Uso y efectos del biocarbón en suelos de México: un análisis bibliométrico	106
8.2.	Evaluación de los almacenes de carbono en sistemas agroforestales de café en la región Montaña de Guerrero	107
8.3.	Adición de residuos fermentados y compostados de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) y cambios en las emisiones de CO ₂ en suelo bajo condiciones de incubación controlada	108
8.4.	Servicio de monitoreo de flujos de dióxido de carbono y agua en cultivos de Arizona	109
8.5.	Almacenes de carbono en sistemas agroforestales de <i>Coffea arabica</i> y <i>Coffea canephora</i> en Veracruz, México	110
8.6.	Diferencias en la captura de carbono en genotipos de trigo con alta conductancia estomática matutina bajo condiciones de cambio climático	111
8.7.	Almacenamiento de carbono orgánico en suelos de un ecosistema árido: caso de Tepezalá, Aguascalientes, México	112
8.8.	Incorporación de residuos agrícolas en suelos calcáreos y su influencia en los flujos de C-CO ₂	113
8.9.	Eficiencia del uso del agua en frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.) de ambientes áridos y húmedos	114
8.10.	Los sistemas silvopastoriles mejoran las propiedades físico-químicas del suelo y almacenan más COS comparado con monocultivos de pasto	115
8.11.	Cambios en la eficiencia del uso de agua en Atzitzintla, Puebla, durante el último cuatrienio	116
8.12.	Carbono almacenado en sistemas agroforestales de café: bibliometría y meta-análisis	117
8.13.	Evaluación del impacto de los digestores anaeróbicos en las emisiones de metano derivadas del manejo del estiércol de vacas lecheras en California	118
8.14.	Almacenamiento de carbono en agroecosistemas cafetaleros de Chocamán, Veracruz	119
8.15.	Evaluación del manejo de labranza y fertilización en la dinámica del carbono del suelo en sistema milpa, Querétaro	120

8.16.	Captura de carbono en sistemas agroforestales de café bajo diferentes tipos de sombra y bosque en Chiapas	121
8.17.	Dándole sentido fisiológico a IVs satelitales para monitorear la fijación de carbono en cultivos agrícolas	122
8.18.	Respuestas edáficas al sobrepastoreo y muros de piedra en pastizales semiáridos: carbono lábil y bacterioma	123
8.19.	El potencial de la agricultura de conservación y el enriquecimiento orgánico en el almacenamiento de carbono en el sistema de producción de milpa, Querétaro	124
8.20.	Soluciones climáticas basadas en la naturaleza mediante el monitoreo integrado de carbono, agua y nutrientes en un bosque templado de México	125

Sección 9

SISTEMAS HUMANOS 127

9.1.	Entendiendo la crisis climática	128
9.2.	Red de monitoreo de flujos de carbono, agua y energía en Phoenix, Arizona	129
9.3.	Modelo dinámico para la estimación de CO ₂ e de residuos sólidos urbanos en Cajeme, Sonora	130
9.4.	Los registros de plantas revelan patrones espaciales a escala fina del dióxido de carbono de combustibles fósiles cerca de almacenes y carreteras	131
9.5.	Escenarios de flujos urbanos: Influencia de actividades antropogénicas y eventos climáticos en flujos superficie-atmósfera en un campus universitario en Ciudad Juárez, México	132
9.6.	Variabilidad temporal de la pérdida de vegetación en el Parque Público Federal “El Chamizal” utilizando sensores remotos y SIG	133
9.7.	Experiencias educativas en mapeo digital de suelos en la UNAM	134

Sección 1
ATMÓSFERA



1.1 La representatividad espacial de MexFlux: retos y oportunidades

Vargas Rodrigo^{1,*}; Le Huong²; Villarreal Samuel³; Alvarado-Barrientos M. Susana⁴; Cueva Alejandro⁵; Delgado-Balbuena Josue⁶; Flores Dulce⁷; Hinojo-Hinojo César⁸; Cervantes-Jiménez Mónica⁹; Pérez-Ruiz Eli¹⁰; Sánchez-Mejía Zulia¹¹; Tarin Tonantzin¹²; Bullock Stephen¹³; Castellanos Alejandro⁸; Figueroa-Espinoza Bernardo¹⁴; Garatuza-Payán Jaime¹¹; Holwerda Friso¹⁵; Rodríguez Julio César¹⁶; Uuh-Sonda Jorge¹¹; Velasco Erik¹⁷ y Yépez Enrico¹¹

¹ Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, DE, USA

² School of Life Sciences, Arizona State University, Tempe, AZ, USA

³ Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C., Durango, México.

⁴ Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), Xalapa, México.

⁵ Departamento de Ciencias de la Sustentabilidad, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, Tabasco, México

⁶ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar, INIFAP, Ojuelos de Jalisco, Jalisco, México, 47540.

⁷ Group of Sustainability of Natural Resources and Energy, SECIHTI-Center for Research and Advanced Studies of the IPN Saltillo Unit, Ramos Arizpe, México, 25900.

⁸ Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICTUS), Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, 83000.

⁹ Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Juriquilla, Santiago de Querétaro, Querétaro, México, 76230

¹⁰ Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, México, 32320

¹¹ Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México, 85000.

¹² Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City 04510, México

¹³ Departamento de Biología de la Conservación, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE), Ensenada, Baja California 22860, México

¹⁴ Instituto de Ingeniería, Unidad Académica Sisal, Universidad Nacional Autónoma de México, Sisal, Yucatán, 97355, México

¹⁵ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City 04510, México

¹⁶ Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora 83000, México.

¹⁷ Molina Center for Energy and the Environment, Boston, MA, USA.

*Autor para correspondencia: rvargasr@asu.edu

Resumen

Las redes de observatorios ambientales son fundamentales para avanzar en la comprensión científica de los procesos biogeoquímicos. FLUXNET es una red global de redes regionales de covarianza de remolinos que mide los intercambios de gases de efecto invernadero a escala de ecosistema (es decir, CO₂, CH₄, H₂O) y energía entre la biosfera y la atmósfera. MexFlux es la red de covarianza de remolinos de México, un país megadiverso con muchos ecosistemas subrepresentados dentro de FLUXNET. Este estudio evalúa la representatividad de MexFlux mediante el análisis de su capacidad para capturar la heterogeneidad estadística y espacial de la productividad primaria bruta anual (PPB) y la evapotranspiración (ET) en México. Se probaron tres configuraciones de red: la distribución histórica de los sitios de MexFlux (MexFlux-H), una red ampliada con 20 sitios adicionales (MexFlux+20), y un diseño optimizado con solo 25 sitios (MexFlux25). Los resultados muestran que MexFlux-H subrepresenta áreas con valores intermedios de PPB (~1000-3000 g m⁻² año⁻¹) y ET (~500-1000 mm año⁻¹). MexFlux+20 demuestra que agregar 20 sitios ubicados estratégicamente mejora la representatividad de MexFlux, al tiempo que preserva la distribución histórica de la red. La configuración de MexFlux25 refuerza la premisa de que pocos sitios, pero distribuidos estratégicamente, mejoran la representatividad de una red de observación ambiental. Las regiones montañosas, los bosques tropicales y los sitios urbanos pueden seguir subrepresentados en cualquier configuración de red, lo que resalta los desafíos de monitorear este país. Resaltamos las ventajas de una configuración estratégica de la red; sin embargo, se deben considerar los objetivos específicos de la red, los intereses individuales de investigación, las oportunidades y las limitaciones al establecer nuevos sitios de estudio. Sostenemos que mejorar la interoperabilidad entre pilares conceptuales, tecnológicos, organizacionales y culturales es crucial para la sostenibilidad de MexFlux y su capacidad de integrarse eficazmente con FLUXNET.

Palabras clave: covarianza de vórtices; MExFlux; interoperabilidad científica; percepción remota

1.2 Análisis emisiones de metano de granjas lácteas utilizando modelos de IA de detección de objetos

Rodriguez-Amezquita Diana^{1,*} y Hopkins Francesca¹

¹ Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de California, Riverside.

*Autor para correspondencia: drodr277@ucr.edu

Resumen

California ha establecido un ambicioso objetivo de reducir emisiones de metano en un 40% por debajo de los niveles de 1990 para el año 2030. El sector agrícola es el mayor productor de metano en los Estados Unidos, y dentro de este, el manejo del estiércol y la fermentación entérica llevada a cabo en granjas lácteas son los más importantes. Para evaluar las reducciones por la implementación de nuevas tecnologías es necesario tener inventarios de emisiones precisos y actualizados. Tener claridad en el número de granjas y localizaciones, así como su infraestructura, es un paso importante hacia unos cálculos más verídicos y personalizados. Las imágenes satelitales pueden ofrecer una forma de observar las infraestructuras en granjas lecheras; sin embargo, su identificación requiere un uso intensivo de mano de obra. En consecuencia, el uso de herramientas de inteligencia artificial para la detección de objetos en imágenes de alta resolución es una solución más efectiva. Este trabajo tuvo como objetivo el uso de un modelo de detección de objetos usando ArcGIS Pro para la identificación de instalaciones ganaderas en 2014, 2018 y 2022, así como el cálculo de emisiones. Los resultados mostraron que la mayoría de los objetos esperados fueron detectados. Las emisiones provenientes de fermentación entérica disminuyeron para 2022, lo cual es consistente con el aumento de ganado; sin embargo, las emisiones del manejo de estiércol disminuyeron debido a la implementación de digestores. En relación con áreas, si bien algunas granjas desaparecieron, otras tuvieron un aumento de tamaño promedio.

Palabras clave: *metano, granjas lecheras, fermentación entérica, manejo de estiércol.*

1.3 Estrategia de captura y secuestro de CO₂ y emisiones de gases de efecto invernadero a partir de los residuos sólidos-Casos de Éxitos en Colombia y México.

Rivas-Perea Laura D.^{1*} y Milena-Restrepo Erika²

¹ Estudiante del Doctorado en Desarrollo sostenible énfasis en la línea de eficiencia energética, Universidad de Manizales Colombia.

² Estudiante de trabajo social de la ciudad de México, Universidad de Mazatlán Sinaloa, Maestrante y trabajadora social Universidad de Colombia.

*Autor de correspondencia: ladiripe@gmail.com

Resumen

El mundo enfrenta un desafío importante en cuanto a la limitada vida útil de los rellenos sanitarios municipales y regionales, regulados bajo las perspectivas de cambio climático. Mientras no se implementen sistemas sostenibles de tratamiento ni se fortalezcan los mecanismos de aprovechamiento, la disposición final en rellenos sanitarios continuará siendo la principal opción, unido a esto tenemos que en Colombia más del 50 % de los rellenos sanitarios que atienden poblaciones mayores a 5.000 suscriptores tienen una vida útil estimada inferior a cinco años, y el 72 % de estos menos de tres años, lo que pone en riesgo la sostenibilidad del sistema de gestión de residuos si no se adoptan medidas de ampliación, cierre técnico o construcción de nueva infraestructura. En los sitios de disposición de residuos, sean controlados o no controlados se generan unos subproductos de gran importancia ambiental, entre estos tenemos los lixiviados y el biogás, de ahí la importancia de desarrollar estrategias diversas que parta de casos de éxitos sobre secuestro y captura de dióxido de carbono y gases de efecto invernadero. Los resultados del presente estudio muestran tendencias claras en la dinámica social y ambiental de este tipo de alternativas y permite hacer un análisis más profundos desde una mirada integral.

Palabras clave: *secuestro de carbono, gases de efecto invernadero, neurociencia, pedagogía, separación desde la fuente*

1.4. Carbono elemental y orgánico impactado en las hojas de *Fraxinus uhdei* en Ciudad Universitaria.

Hernández-Gutiérrez Adriana B.^{1,*} y Peralta-Rosales Oscar A.¹

¹ Laboratorio de aerosoles atmosféricos, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Circuito de Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, CDMX.

*Autor para correspondencia: adri.1805@comunidad.unam.mx

Resumen

El material particulado (PM) es una mezcla heterogénea de compuestos sólidos y líquidos en suspensión, cuyo tamaño y composición determinan su dinámica atmosférica y efectos en la salud. Dentro de la fracción fina (PM_{2.5}), el carbono elemental (CE) y el carbono orgánico (CO) constituyen componentes relevantes, asociados principalmente a la combustión vehicular, doméstica, industrial y de construcción. En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), las fuentes móviles aportan el 42 % de las emisiones primarias de PM_{2.5}, seguidas por fuentes de área como combustión residencial y construcción (40 %), y en menor medida por industrias (14 %). En contraste, las PM₁₀ se originan sobre todo en fuentes de área (42 %), como quema a cielo abierto y vialidades sin pavimentar, seguidas de fuentes móviles (41 %) e industriales. La vegetación urbana, en especial los árboles, actúa como sumidero de contaminantes mediante el depósito seco de partículas, contribuyendo a mejorar la calidad del aire. En este estudio se evaluó la acumulación de CE y CO en hojas de *Fraxinus uhdei* en Ciudad Universitaria (CDMX) durante la temporada seca (enero-marzo). Se recolectaron muestras foliares junto con mediciones ambientales de PM mediante un muestreador Mini-Vol TAS-5.0. Los filtros fueron analizados con un coulombímetro CM5240 TOC/TN (UIC Inc., EE.UU.), empleando oxidación térmica en atmósfera rica en oxígeno y detección del CO₂ generado. Los resultados muestran la capacidad de *Fraxinus uhdei* para retener partículas carbonosas, lo que confirma su utilidad como bioindicador pasivo de contaminación. Asimismo, se propone una estimación del servicio ecosistémico de captura de carbono mediante un enfoque bottom-up, con potencial para complementar sistemas de monitoreo convencionales y aportar información relevante para la gestión ambiental y la planificación urbana sustentable.

Palabras clave: material particulado; servicios ecosistémicos; contaminación urbana.

1.5. Hidrometeorología del rocío en un agro-ecosistema de trigo en el Valle del Yaqui, México.

Reyes-Hernández Mayte F.^{1,2,*}; Garatuza-Payan J.^{1,2}; Pinto R. Suzuki¹; Sánchez-Mejía Zulia^{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 Laboratorio Nacional CONAHCYT-MexFlux, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México.

* Autor para correspondencia: mayte.reyes205502@potros.itson.edu.mx; eyepez@itson.edu.mx

Resumen

La condensación del vapor de agua atmosférico provoca que el rocío se presente con frecuencia sobre los doseles de las plantas. En cultivos altamente tecnificados, como el trigo en el Valle del Yaqui, México, se ha reportado que su presencia es abundante durante la noche. No obstante, los procesos que determinan su formación son complejos y están controlados por múltiples variables meteorológicas. El objetivo de este estudio es comprender los mecanismos involucrados en la formación de rocío en cultivos de trigo del Valle del Yaqui, considerando la interacción de variables como la humedad relativa (RH), el contenido de agua en el suelo (SWC) y la velocidad del viento (WS). Para ello, se empleó una estación micrometeorológica que permitió determinar la presencia de rocío en los doseles de trigo, así como medir las variables meteorológicas asociadas. Resultados preliminares sugieren que se requiere por lo menos alcanzar el 75% de la RH para la formación de rocío. Asimismo, periodos donde se presentan valores mayores de condensación coinciden con valores altos de SWC, lo que sugiere que esta variable actúa como un potenciador del proceso. Por otro lado, WS bajas (< 2 m/s) favorecen la formación de rocío, desempeñando un papel regulador clave en su ocurrencia. Este trabajo contribuye a la comprensión de los mecanismos que regulan la formación de rocío en sistemas agrícolas, lo que puede servir como información de línea base para el desarrollo de modelos hidrometeorológicos que apoyen al diseño de estrategias de manejo del agua bajo condiciones micrometeorológicas locales.

Palabras clave: *hidrometeorología; agua atmosférica; condensación.*

1.6. Emisiones de metano a través de dos especies de árboles de humedales urbanos de montaña en Xalapa, Ver.

Hernández-Alarcón María E.^{1,*}; Castillo Daniela Del Carmen^{1,2} y Hernández-Sánchez Alejandro A.¹

¹ Red de Manejo Biotecnológico de Recursos, Instituto de Ecología A.C., Carretera. Antigua a Coatepec. C.P. 91073. Xalapa-Enríquez, Veracruz. México, Tel. (228) 8421800 ext. 6210-6206.

² Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. Sección 5A Reserva Territorial S/N Col. Santa Bárbara 91096 Xalapa-Enríquez, Ver.

*Autor para correspondencia: elizabeth.hernandez@inecol.mx

Resumen

Las emisiones de metano a través de los árboles son un aspecto significativo para las estimaciones del presupuesto global de metano, contribuyendo a la comprensión del ciclo del carbono y el cambio climático. En México existe poca información sobre la estructura y función de los humedales de montaña y su papel en el ciclo del carbono. El objetivo de este trabajo fue investigar las emisiones de metano del suelo de dos humedales urbanos de montaña y las emisiones a través de los troncos de dos géneros de árboles: *Salix* y *Liquidambar*. El estudio se realizó en los humedales Molino de San Roque (HMSR) y Santuario del Bosque de Niebla (HSBN), durante un periodo de seis meses, de mayo a octubre de 2024. Las mediciones se realizaron una vez al mes, entre las 11:00 y 13 horas, empleando la técnica de cámara cerrada. Se instalaron 16 cámaras en total, ocho en cada árbol (cuatro individuos de cada especie), colocadas a dos alturas distintas: a 0.5 y a 1 metro desde el suelo y también se instalaron cuatro cámaras en el suelo cerca de cada árbol. Se encontraron mayores promedios de las emisiones de metano en el suelo del HMSR ($0.20 \text{ mg m}^{-2} \text{ min}^{-1}$) comparado con las emisiones del suelo del HSBN ($0.07 \text{ mg m}^{-2} \text{ min}^{-1}$) y se encontró que los árboles del género *Salix* emitieron más metano (5-14 %) del emitido en el suelo, mientras que el género *Liquidambar* emitió (2-5%). También se encontró que la emisión de metano en las cámaras a 0.5 del suelo fueron más altas que las de 1 m, indicando que el metano emitido por los árboles proviene del suelo.

Palabras clave: *metanogénesis, flujos de metano, humedales de agua dulce, carbono orgánico del suelo.*

1.7. Efecto de las relaciones hídricas sobre la productividad primaria bruta en un bosque tropical seco.

Valenzuela-Que Yuri¹; Tarin Tonantzin^{2,3} y Yépez Enrico A.^{1,4}

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

² Departamento de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México 04510, México.

³ Laboratorio Nacional CONAHCYT-MexFlux, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México 04510, México

⁴ Laboratorio Nacional CONAHCYT-MexFlux, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México 85000

*Autor para correspondencia: eyepez@itson.edu.mx

Resumen

Evaluar los controles de los flujos de agua y carbono es clave para entender y predecir la respuesta de los ecosistemas al cambio climático. La productividad primaria bruta (GPP) expresa la fotosíntesis del ecosistema. La evapotranspiración (ET) es un proceso biofísico que integra evaporación y transpiración, responde a la humedad del suelo y la demanda atmosférica (VPD), mientras que la vegetación regula el intercambio gaseoso. En un bosque tropical seco del sur de Sonora, seleccionamos ocho especies dominantes y medimos rasgos funcionales como: SLA, nitrógeno foliar, densidad y conductancia estomática (gs), potencial hídrico y la eficiencia de uso de agua foliar (WUE_i). Con un piecewise-SEM, evaluamos rutas causales y estimamos efectos directos e indirectos con betas estandarizadas (β -std). Los resultados indican que VPD es el principal control de GPP (β -std = -0.61 , $p < 0.001$), mientras que ET tiene efecto positivo (β -std = $+0.35$, $p < 0.001$) y PAR un aporte menor (β -std = $+0.12$, $p < 0.05$). ET estuvo controlado por SWC (β -std = $+0.48$, $p < 0.001$) y VPD (β -std = $+0.23$, $p < 0.001$). El potencial hídrico fue el mejor predictor de la gs, pero la ruta gs-ET no fue significativa, sugiriendo dominancia de controles físicos sobre el flujo de agua. WUE_i respondió a rasgos y estado hídrico, pero no explicó GPP tras considerar ET y VPD. Encontramos efectos indirectos positivos de SWC sobre GPP vía ET, mientras que VPD mantuvo un efecto negativo sobre GPP. En general, la productividad aumenta cuando hay agua disponible y el ecosistema transpira, pero alta VPD deprimen la GPP.

Palabras clave: *biogeociencias, MexFlux, rasgos funcionales, modelos de ecuaciones estructurales.*

1.8. Variación diurna y estacional de la respiración del suelo en un bosque urbano de la Ciudad de México.

Espinosa-Fuentes María de la Luz^{1,*}; González-Del Castillo M. Eugenia¹ y Peralta-Rosales Oscar¹

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán 04510, Ciudad de México.

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

Resumen

La respiración del suelo (R_s) es un proceso fundamental en el ciclo global del carbono, influenciado por factores climáticos y estacionales. En este estudio se evaluaron los flujos de CO_2 así como la humedad y temperatura del suelo en cuatro sitios (ZPUR, ZPE, ZPUE y ZPUI) de un bosque urbano de la Ciudad de México bajo tres condiciones estacionales: lluvias, seca-fría y seca-cálida, en mediciones realizadas a las 09:00, 12:00 y 15:00 h. Los resultados muestran una marcada variabilidad temporal y espacial. La mayor R_s se registró en la época de lluvias, con valores promedio de $3.0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, asociados a humedades elevadas (29–59%) y temperaturas moderadas (16–24 °C). En la época seca-fría los flujos fueron mínimos ($0.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), en correspondencia con humedades reducidas (12–25%) y temperaturas bajas (13–20 °C). La época seca-cálida mostró valores intermedios ($1.1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), con humedad decreciente (13–31%) y temperaturas más altas (19–26 °C). ZPUE y ZPUR presentaron los valores de R_s máximos en lluvias, mientras que ZPUI mostró consistentemente los más bajos en las épocas secas. Se observó un incremento de la R_s hacia el mediodía, vinculado a la temperatura, aunque sin un patrón uniforme. En general, la humedad se identificó como el factor principal que modula la R_s , mientras que la temperatura actúa como regulador secundario en condiciones de baja disponibilidad hídrica. Estos hallazgos destacan la sensibilidad de la R_s a la estacionalidad lo que resulta clave para entender su papel en el balance de carbono en ecosistemas urbanos.

Palabras clave: *flujos de CO_2 ; temperatura del suelo; humedad del suelo, variación espacio-temporal.*

1.9. Torres de flujo como instrumento para formular estrategias climáticas en ciudades.

Velasco Erik^{1,*}

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

*Autor para correspondencia: evelasco@mce2.org

Resumen

Torres equipadas con instrumentos de alta precisión y respuesta rápida se utilizan cada vez más en entornos urbanos para medir flujos de gases de efecto invernadero. Estas torres miden directamente el intercambio neto entre la superficie urbana y la atmósfera, incluyendo contribuciones de todas las fuentes de emisión y sumideros dentro de un área determinada. Su aplicación correcta ayuda a caracterizar los patrones y ciclos de emisión, y a validar la precisión de los inventarios de emisión empleados en programas de acción ante el cambio climático. Las torres de flujo en conjunto con otras técnicas de medición y modelación numérica proporcionan información para contabilizar las contribuciones provenientes tanto de fuentes de origen antropogénico como biogénico. También proporcionan datos micrometeorológicos que las estaciones del servicio meteorológico no recopilan, y que son necesarios para comprender fenómenos climatológicos como la isla de calor urbano. Esta presentación revisará primero los fundamentos y los requisitos técnicos del método de covarianza turbulenta utilizado por estas torres. Se mostrará cómo pueden ayudar a contabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero y a diseñar medidas de mitigación empleando como referencia las mediciones que hemos realizado con torres de flujo tanto en la Ciudad de México como en Singapur. Se pondrá atención en el rol de la vegetación urbana para compensar las emisiones antropogénicas de carbono. El conocimiento limitado que se tiene de los ciclos biogeoquímicos en las ciudades y la falta de estudios holísticos comprometen la efectividad de las políticas que promueven la reforestación urbana como medida para mitigar el cambio climático. Dado que estas torres también miden otras variables climáticas, mostraremos cómo sus mediciones pueden combinarse con las mediciones de flujos de carbono para desarrollar estrategias integrales que contribuyan tanto a mitigar el cambio climático como a abordar el calentamiento urbano.

Palabras clave: *covarianza turbulenta; emisiones urbanas de carbono; secuestro de carbono; inventarios de emisiones; calentamiento urbano*

1.10. No sobreestimemos el potencial de la vegetación urbana para compensar las emisiones antropogénicas de carbono.

Velasco Erik^{1,*}

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

*Autor para correspondencia: evelasco@mce2.org

Resumen

El conocimiento limitado que tenemos sobre los ciclos biogeoquímicos en las ciudades y la falta de evaluaciones holísticas comprometen los resultados de las políticas que promueven la reforestación urbana como medida para mitigar el cambio climático. Se requieren evaluaciones integrales que incluyan tanto a las plantas como al suelo, y que contabilicen las emisiones de carbono asociadas con la jardinería, el riego, la fertilización y el manejo de residuos, para así determinar la capacidad real de la vegetación urbana para compensar las emisiones antropogénicas de carbono. Las plantas capturan el dióxido de carbono de la atmósfera mediante la fotosíntesis; una cierta cantidad de carbono se utiliza para la producción de biomasa, especialmente por los árboles jóvenes, mientras que una cantidad pequeña se utiliza para la subsistencia diaria. El resto se transfiere al suelo, una vez allí, gran parte regresa a la atmósfera mediante los procesos de respiración, dejando solo una porción pequeña bajo tierra que puede perderse posteriormente por lixiviación. Una fracción aún más pequeña es la que alcanza el proceso de mineralización, el cual tarda entre cientos y miles de años. En este contexto, este trabajo explica cómo los árboles, el pasto y el suelo regulan el intercambio de carbono en aceras, parques, jardines y céspedes, basándonos en una serie de estudios de campo que realizamos en Singapur y la Ciudad de México. Estos estudios incluyen mediciones de flujo por covarianza turbulenta, la construcción y aplicación de modelos alométricos en combinación con inventarios de árboles, muestreo de pasto, caracterización del suelo, y mediciones continuas de la respiración del suelo. Los resultados revelan la capacidad de la vegetación urbana para compensar las emisiones antropogénicas de carbono, teniendo en cuenta que las ciudades son ecosistemas perturbados, por lo que los árboles y plantas no pueden responder de la misma manera que sus pares en bosques naturales. Los resultados enfatizan que no se debe sobreestimar el potencial de la vegetación urbana para capturar carbono, y destacan la necesidad de identificar e implementar prácticas de jardinería que promuevan el almacenamiento de carbono y reduzcan el impacto de las actividades de mantenimiento.

Palabras clave: *secuestro de carbono; reforestación urbana; arboles urbanos; respiración del suelo*

1.11. Monitoreo de flujos ecosistémicos a largo plazo en el bosque tropical seco del noroeste de México.

Yépez Enrico A.^{1,2,*}; Rojas-Robles Nidia E.³; Vargas-Terminel Martha L.^{1,2}; Sánchez-Mejía Zulia^{1,2}; Alvarez-Yépez Juan C.¹; Garatuza-Payán Jaime^{1,2}; Vargas Rodrigo⁴; Tarin Tonantzin^{2,5}; Vega-Puga Masuly G.¹; Rivera-Díaz Miguel A.¹; Bojórquez Adrián¹; Madueño Myrbeth G.¹; Valenzuela-Que Yuri C.¹

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

²Laboratorio Nacional CONAHCYT-MexFlux, Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México.

³School of Sustainable Engineering and the Built Environment, Arizona State University, Tempe, AZ, USA

⁴School of Life Sciences, Arizona State University, Tempe, AZ, USA

⁵Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

* Autor para correspondencia: eyepez@itson.edu.mx

Resumen

Las biogeociencias exploran la interfaz entre las ciencias de la vida y las ciencias de la Tierra, incluyendo procesos biogeoquímicos en múltiples escalas espaciales y temporales. Las mediciones del intercambio de agua, carbono y energía entre la superficie terrestre y la atmósfera es fundamental para entender los mecanismos de funcionamiento de los ecosistemas. En esta contribución reportamos la variación de Intercambio Neto de Carbono (NEE; por sus siglas en inglés), en 20 años/sitio en dos condiciones de sucesión ecológica del bosque tropical seco (BTS) en su límite de distribución septentrional en las Américas. El objetivo es presentar los estimados anuales del NEE determinados con la técnica de correlación de flujos, entre 2015 y 2024, para dar perspectiva de la importancia del ecosistema de BTS en el ciclo del carbono en México. Resultados preliminares sugieren que la NEE en un BTS en sucesión secundaria varía entre -194 y -519 gr C m⁻² año⁻¹, siendo un sumidero neto de C en la última década, mientras que en un BTS maduro observamos una variación entre -9.2 y $+300$ gr C m⁻² año⁻¹, mostrando un comportamiento pivotante entre sumidero y fuente neta de C a la atmósfera. El avance en el conocimiento de los factores ambientales (variación climática y legados) y biológicos (rasgos funcionales de la vegetación y función del suelo) que controlan los flujos ecosistémicos en el BTS es vital para desarrollar modelos de procesos que nos permitan indagar sobre las posibles respuestas del BTS ante el cambio climático.

Palabras clave: *biogeociencias, intercambio neto de carbono, Álamos Sonora.*

1.12. Estimar emisiones CH₄ en México a partir mediciones de TOPROMI.

Stremme Wolfgang¹; Bezanilla Alejandro; Hernández Gutiérrez Luis, Almanza Victor, Grutter Michel

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México

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

Resumen

Long term series de observaciones satelitales de la columna de Metano (CH₄) en México, Las largas series de tiempo de observaciones satelitales de columna de Metano en México permiten identificar las regiones de mayor concentración de Metano en el país. El instrumento TROPOMI a bordo de Sentinel 5P reporta mediciones desde 2018 y cubre el territorio del país casi por completo en un día. Los gases de efecto invernadero con tiempo de vida largo tienen un fondo global y por lo tanto los requerimientos para observaciones útiles son bastante exigentes. La transferencia radiativa y el cálculo de las masas de aire de los datos satelitales depende de varios factores como los aerosoles y el albedo, debido a esto la cobertura de CH₄ es menos densa que otros productos de TOPROMI. Sin embargo, es posible realizar un análisis estadístico. En esta contribución buscamos una manera de generar series de tiempo en cada punto de la república y ajustamos con regresión lineal una función que explica la serie de tiempo usando las velocidades del viento disponibles en los datos de TROPOMI, como datos auxiliares. A partir de esta información calculamos y visualizamos las emisiones promedios en México y comparamos los resultados con inventarios realizados utilizando el método "bottom up".

Palabras clave: *satelitales*

1.13. Evaluación de la estratificación vertical de PM_{2.5} en ambientes interiores de cocinas rurales en Michoacán.

Contreras-Zaragoza Alejandra^{1,*}; Aguilera-Pantoja Anahí² y Ruiz-García Víctor M.³

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia.

²Instituto de Geofísica, unidad Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México

³Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México

*Autor para correspondencia: alecontzar1493@comunidad.unam.mx

Resumen

Bajo el contexto rural mexicano, el uso de leña como fuente de energía sigue siendo común para la cocción de alimentos, calefacción de espacios y calentamiento de agua. El uso de la biomasa para combustión en los fogones tradicionales es ineficiente, a nivel mundial ha representado un problema por la liberación de contaminantes tóxicos para la salud humana y al ambiente como en el material particulado de 2.5 μm (PM_{2.5}), pero en México se encuentran muy poco documentados sus impactos. En el presente trabajo se evaluó el comportamiento vertical de las PM_{2.5} en cocinas rurales de Michoacán para obtener un panorama más claro sobre las concentraciones a las que podría estar expuesta la población más vulnerable, principalmente mujeres de alrededor de 45 años y niños menores de cinco años, quienes, por razones culturales, suelen pasar más tiempo en la cocina además de esta evaluación se realizó una comparación entre los resultados de la estratificación vertical con fogones tradicionales y el comportamiento de las mismas cocinas al sustituir los fogones por estufas eficientes de leña. Para ello se utilizaron cinco sensores de partículas por cada casa, en una columna a 60, 120, 150, 180 y 220 cm del piso. En los resultados parciales y pioneros, se han observado diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de PM_{2.5} entre las distintas alturas de las tres casas evaluadas, que las concentraciones incrementaron con la altura evaluada, manifestando una estratificación.

Palabras clave: *sector rural, biocombustibles sólidos, análisis de impactos, salud, monitoreo.*

1.14. Sistema de observación de gases de efecto invernadero en México: Logros y retos por parte del ICAyCC-UNAM

Grutter Michel¹, González del Castillo Eugenia², Stremme-Wolfgang¹; Bezanilla Alejandro¹; Lólpez Omar; Porras-Reza Sandra³; Hernández-Gutiérrez Luis³; Hernández-Pérez Yael³; Malagón-Nabor Jonathan⁴; Flores Delibes² y Ladino Luis².

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México

² Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA). Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México

³ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México

⁴ Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México

Autor para correspondencia: grutter@unam.mx

Resumen

En esta contribución se resumen los esfuerzos realizados en el Instituto de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM a lo largo de más de 10 años para la medición y el análisis de gases de efecto invernadero (GEI) en el país. Como parte de las actividades e infraestructura montada al iniciarse la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos en 2014 (RUOA, <https://ruoa.unam.mx/>) se cuenta con registros de las concentraciones ambientales en superficie de CO₂, CO, CH₄ y H₂O desde 6 observatorios equipados con instrumentos basados en la técnica de espectroscopía Cavity Ring-Down (Picarro G2401). Además, desde 2012 y 2023, se realizan mediciones espectroscópicas de absorción solar en el infrarrojo con interferómetros de alta resolución (Bruker IFS 125HR) sobre la estación de altura de Altzomoni y el observatorio atmosférico de Calakmul, respectivamente. Con ésta técnica se puede determinar y registrar la evolución y la variabilidad de los principales GEI y otros compuestos atmosféricos en la columna vertical. Estas estaciones contribuyen con las redes internacionales NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change) y TCCON (Total Column Carbon Observing Network). Además se han estudiado las emisiones de GEI en la Zona Metropolitana del Valle de México, con instrumentos más compactos tanto en columna (EM27/SUN) como con sensores de bajo costo durante la campaña de mediciones MERCI-CO₂. Se presentan resultados y los retos involucrados en mantener estas redes de observación funcionando, haciendo énfasis en la importancia de contar con este tipo de información en el país.

Palabras clave: *gases de efecto invernadero, Ciudad de México, bióxido de carbono, metano.*

1.15. Emisiones de área de CH₄ en la región del Bordo Poniente de la Ciudad de México.

Hernández Gutiérrez Luis A.^{1,2,*}; Bezanilla Alejandro¹; Stremme Wolfgang¹ y Grutter Michel¹.

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México.

² Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México.

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

Resumen

El metano (CH₄) es el segundo gas de efecto invernadero más importante después del dióxido de carbono (CO₂), por lo que la identificación y cuantificación de sus fuentes resulta esencial para implementar estrategias de mitigación. En este estudio se empleó el espectrómetro EM27/SUN, un equipo de baja resolución basado en la técnica de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), el cual incorpora un rastreador solar para obtener series de tiempo de la columna de metano entre otros compuestos. A partir de las series de tiempo obtenidas en la región del Bordo Poniente de la Ciudad de México, y con apoyo de datos meteorológicos, se empleó un modelo directo de tipo pluma Gaussiana, para simular la dispersión dentro de un esquema de inversión, con el fin de estimar emisiones de área en la región. En las series de tiempo se encontraron anomalías significativas en los valores de columna de metano, atribuibles a diversas fuentes locales como tiraderos, plantas de tratamiento de aguas y estaciones de compostaje. Con este procedimiento se generó un mapa de emisiones en un área de 20 × 20 km² alrededor de la estación, construido mediante un método de inversión con regularización de tipo Tikhonov. Los resultados mostraron que a pesar de las incertidumbres de la metodología, se concluye que las emisiones en la región estudiada son elevadas, lo que enfatiza la necesidad de monitoreo continuo y el potencial de combinar espectroscopía FTIR con modelos de dispersión para cuantificar emisiones en zonas urbanas complejas.

Palabras clave: *espectroscopía FTIR; EM27/SUN; metano; modelo de pluma Gaussiana; emisiones de metano; Ciudad de México; gases de efecto invernadero.*

1.16. XV años de avance en el monitoreo de flujos de carbono, agua y energía en México.

Sánchez-Mejía Zulia M.^{1,2,*}

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

² Laboratorio Nacional Conahcyt MexFlux

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

Resumen

En los últimos quince años, se ha consolidado en México la red MexFlux, reconocida también como Laboratorio Nacional Conahcyt, un esfuerzo interinstitucional que ha permitido monitorear de manera continua los flujos de carbono, agua y energía en ecosistemas estratégicos del país. Esta iniciativa ha empleado la técnica de covarianza de flujos turbulentos (Eddy Covariance, EC) como estándar metodológico, generando series de tiempo sin precedentes que contribuyen a entender el papel de los ecosistemas en el balance de carbono, agua y energía, y las variables clave que lo influyen. La red ha desplegado más de 20 torres de flujo en ecosistemas naturales como manglares, bosques tropicales secos, matorrales, selvas, y antrópicos como pastizales, agrícolas y ciudades. Esta cobertura ha permitido documentar la gran heterogeneidad espacio-temporal del intercambio de CO₂, H₂O y energía. Destaca un avance en el conocimiento del papel crítico de los manglares áridos del noroeste como sumideros de carbono, la vulnerabilidad de matorrales y pastizales a sequías prolongadas, y la resiliencia en el manejo no intensivo de la agricultura. En el plano metodológico, MexFlux ha desarrollado protocolos para la instalación y mantenimiento de torres en condiciones extremas, integrando además observaciones in situ con sensores remotos y productos satelitales. El trabajo de MexFlux se ha sustentado en la colaboración entre academia, dependencias de gobierno (principalmente CONANP), organizaciones no gubernamentales y comunidades locales. Estas alianzas han facilitado permisos, resguardo de equipos y la aplicación de resultados en proyectos de conservación y restauración. Al mismo tiempo, se ha formado una nueva generación de científicos especializados en instrumentación, análisis de datos y modelación de flujos ecosistémicos, fortaleciendo la capacidad nacional en ciencias de la Tierra. Los datos de MexFlux han alimentado evaluaciones de servicios ecosistémicos, posicionando a México como referente latinoamericano en el monitoreo de flujos ecosistémicos. No obstante, persisten desafíos: asegurar financiamiento estable, ampliar la cobertura espacial hacia ecosistemas subrepresentados y fortalecer mecanismos de interoperabilidad y acceso abierto de datos. En suma, los primeros quince años de MexFlux confirman que la integración de ciencia, política pública y participación social es esencial para avanzar hacia una gestión climática basada en evidencia. Este esfuerzo ha generado conocimiento crítico sobre los flujos de carbono, agua y energía en México, contribuyendo tanto al entendimiento científico como al diseño de estrategias de conservación y mitigación acordes con los compromisos internacionales del país en materia de cambio climático.

Palabras clave: *MexFlux, Laboratorio Nacional Conahcyt, covarianza de flujos turbulentos.*

1.17. Dinámica de flujos ecosistémicos en bosque tropical seco: comparación de footprint por cobertura vegetal.

Madueño-Moreno Myrbeth^{1,*}; Sánchez-Mejía Zulia M.¹; Garatuza-Payán Jaime¹; Yépez- Enrico A.^{1,*}; Rojas-Robles Nidia E.²; Rivera-Díaz Miguel A.¹ y Pérez-Ruiz Elí R.³

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

² School of Life Sciences, Arizona State University, Tempe, AZ, USA.

³ Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

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

Resumen

Los Bosques Tropicales Secos (BTS) son ecosistemas altamente heterogéneos, resultado de perturbaciones antrópicas y fenómenos climáticos extremos. Esta heterogeneidad se manifiesta en distintos estados sucesionales, con variación en cobertura y estructura del dosel. Para estudiar el intercambio de gases entre la biosfera y la atmósfera, se emplea la técnica de covarianza de flujos turbulentos, que permite cuantificar los flujos de dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua. A partir de los cuales, se estiman variables clave, como el Intercambio Neto de Ecosistema (NEE), la Productividad Primaria Bruta (PPB) y la Respiración del Ecosistema (Reco). El objetivo es analizar el NEE y sus componentes (PPB y Reco) en áreas de procedencia dentro del BTS con diferente cobertura vegetal, utilizando series multianuales (2015–2020) en dos observatorios eco-hidrológicos: un bosque maduro (MX-Aog) y uno secundario (MX-Asf), para evaluar controles ambientales. La caracterización de las regiones de influencia mostró patrones consistentes dominados por el noroeste (NE) y suroeste (SO), con cobertura que va desde áreas sin dosel hasta doseles densos. En MX-Aog, ambas direcciones (NE y SO) presentaron patrones similares con ~80 % de cobertura densa y mayores valores de PPB (176 y 194 gC m⁻² año⁻¹), lo que evidencia alta capacidad fotosintética. En MX-Asf, el NE con 1.54 % de área sin dosel, registró mayor Reco (1057 y 230 gC m⁻² año⁻¹), probablemente asociado a mayor exposición del suelo, mientras que el SO, con 73 % de cobertura densa, presenta mejores condiciones de cobertura vegetal. Estas diferencias en el comportamiento del NEE parecen asociarse con la heterogeneidad en la cobertura vegetal, incluso dentro de una misma sucesión vegetal.

Palabras claves: *productividad primaria bruta, respiración del ecosistema, intercambio neto del ecosistema.*

1.18. CO₂ en la estación de altura de Altzomoni: 12 años de medición con percepción remota e *in situ*.

Hernández Pérez Edwin Yael^{1,2,*}; Stremme Wolfgang¹; Bezanilla Alejandro¹; González del Castillo Eugenia¹; Malagón Nabor Jonathan¹ y Grutter Michel¹

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México.

² Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México

*Autor para correspondencia: edyanape@unam.edu

Resumen

Durante más de 300 años, la quema de combustibles fósiles ha incrementado las concentraciones de CO₂, un gas de efecto invernadero (GEI) clave, en la atmósfera. En 1967, se proyectó que la duplicación del CO₂ a 600 ppm causaría un aumento de 3 °C en la temperatura global. La concentración de CO₂ superó las 400 ppm en 2015, alcanzando 428 ppm para septiembre de 2025, a pesar de los esfuerzos internacionales como el Acuerdo de Kioto y las Conferencias de las Partes, lo que demuestra su insuficiencia. El CO₂ es el principal impulsor del cambio climático causado por el hombre, por lo que su monitoreo es crucial para identificar fuentes y mitigar emisiones. Para ello, son necesarios programas de medición precisos y rigurosos. La red Total Column Carbon Observing Network (TCCON) se dedica a realizar mediciones de alta precisión de GEI en toda la columna atmosférica. En México, el Observatorio Atmosférico Altzomoni ha estado midiendo datos de columna vertical de CO₂ desde 2012. Más recientemente, se estableció el Observatorio Mexicano del Clima y la Composición Atmosférica (OMECCA) en la Reserva de la Biosfera en Calakmul. El análisis de los datos de ambos observatorios se realizó con el software GFIT, versión GGG2020, para estudiar las tendencias y la variabilidad del CO₂ en el hemisferio norte. Los resultados de esta investigación, presentados en una tesis, detallan las series de tiempo y los desafíos asociados al mantenimiento de estas mediciones. El objetivo es que OMECCA cumpla con los estándares necesarios para unirse a la red global de monitoreo Total Column Carbon Observing Network (TCCON).

Palabras clave: CO₂; columna vertical de CO₂; gases de efecto invernadero; tcon; observatorio atmosférico altzomoni.

1.19. Variabilidad de los flujos de CO₂ en un entorno urbano heterogéneo en Ciudad de México.

Barrios-Barocio Alejandra C.^{1*}; Espinosa-Fuentes María de la Luz²; González del Castillo Aranda Ma Eugenia² y Peralta-Rosales Oscar A.²

¹ Posgrado de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

² Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

*Autor para correspondencia: alejandra.c.barrios@atmosfera.unam.mx

Resumen

La expansión urbana y los cambios en las coberturas superficiales modifican los flujos de energía y carbono, favoreciendo fenómenos como la isla de calor urbana y las emisiones de gases de efecto invernadero. Este estudio presenta resultados de un monitoreo continuo de flujos de CO₂ (marzo 2023 – mayo 2024) mediante *eddy covariance*, con un sistema instalado en una torre de 30 m en el campus principal de la UNAM, Ciudad de México. Los ciclos diarios promedio mostraron una clara estacionalidad en la partición de energía, donde la disponibilidad hídrica condiciona el calor latente. Los flujos de CO₂ exhibieron un patrón bimodal, picos de emisión en horarios de alta movilidad vehicular y actividad académica, y una ligera captura por fotosíntesis al mediodía, insuficiente para revertir el balance neto positivo. También se detectaron diferencias entre fines de semana, días hábiles y periodos vacacionales, lo que evidencia la influencia directa de la actividad antropogénica. La comparación espacial dentro del área de influencia de la torre reveló contrastes asociados a la cobertura: en la REPSA se registraron los mayores valores de calor latente y frecuentes episodios de captura neta de carbono; en Santo Domingo, el calor sensible y las emisiones netas de CO₂ dominan debido a la impermeabilización y alta densidad de construcciones; mientras que Ciudad Universitaria presenta un comportamiento intermedio, donde la presencia de áreas verdes mitiga parcialmente las emisiones y el calentamiento superficial. Estos resultados subrayan la importancia de la cobertura vegetal urbana en la regulación de flujos de energía y carbono.

Palabras clave: *flujos de carbono; Eddy Covariance; heterogeneidad superficial; entorno urbano.*

1.20. Variabilidad del CO₂ atmosférico en Calakmul, Campeche.

González-Del Castillo Eugenia^{1,2,*}; Malagón-Nabor Jonathan³; Porras-Reza Sandra⁴; Hernández Pérez Yael¹; Bezanilla-Morlot Alejandro¹; Stremme Wolfgang¹ y Grutter Michel¹.

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 Coyoacán, CDMX.

² Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA). Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 Coyoacán, CDMX.

³ Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 Coyoacán, CDMX.

⁴ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 Coyoacán, CDMX.

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

Resumen

Desde las primeras observaciones sistemáticas de la concentración del dióxido de carbono (CO₂) atmosférico a mediados del s. XX, el monitoreo de la fracción molar de los gases de efecto invernadero en superficie ha constituido una piedra angular de los estudios del cambio climático global. En este contexto presentamos resultados preliminares del monitoreo de la concentración de CO₂ en una localidad rural vecina a la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC), Campeche. Las observaciones se realizan de manera continua empleando un espectroscopio de extinción anular en cavidad (CRDS en inglés, Picarro Inc., modelo G2401) cuya toma de muestra se encuentra ubicada a 16 m de altura. Los resultados muestran que durante la estación lluviosa, la amplitud diaria de la fracción molar de CO₂ es en promedio 2.8 veces mayor que en la estación seca (74.8 vs. 23.3 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, respectivamente). Esta diferencia es particularmente marcada durante la noche, en la que el CO₂ atmosférico de la época lluviosa excede en promedio 22 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ al de la época seca. Dado que la intensidad y frecuencia de las quemadas de biomasa son mayores durante el estío, es posible inferir que estas diferencias se deben mayormente a la actividad del ecosistema de selva tropical subperennifolia que rodea al sitio, particularmente a la respiración de la vegetación y el suelo. Con la reciente instalación de una torre de flujos ecosistémicos en la RBC se pretende examinar a profundidad el papel de la selva en la dinámica del carbono en la región.

Palabras clave: *ciclo del carbono; selva tropical; composición atmosférica; respiración del ecosistema.*

1.21. Determinación de carbono reactivo en ambientes urbanos: Comparación de compuestos carbonílicos en un sitio receptor y un bosque.

Hernández-Paniagua Iván Y.^{1,*}; Andraca Ayala Gema L.¹; Ortiz-Vieyra Rodrigo¹; Santamaría Pantoja Irma D.¹; Ruiz Suárez Luis G.¹; Espinosa Fuentes María de la Luz¹.

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

*Autor para correspondencia: ivan.hernandez@atmosfera.unam.mx

Resumen

Los compuestos carbonílicos representan carbono orgánico reactivo, tienen la capacidad de modificar el balance de carbono urbano, participan en la formación de ozono troposférico afectando la calidad del aire y pueden impactar la salud pública. En el presente estudio se determinó la concentración ambiental de aldehídos y cetonas ligeras usando el método de referencia TO-11 en un bosque urbano y un sitio receptor en el sur de la Ciudad de México. Con la finalidad de identificar cambios en los niveles de carbonilos bajo condiciones de estrés fotoquímico, se realizó monitoreo tanto en periodos de contingencia ambiental por ozono como en periodos sin contingencia durante 2022–2024. Las mayores concentraciones se registraron en el sitio receptor durante contingencias por ozono (formaldehído 11.6–16.8 ppb, acetaldehído 8.9–12.5 ppb, acroleína 1.1–1.9 ppb), mientras que en días sin contingencia los niveles fueron significativamente ($p < 0.05$) menores (formaldehído 7.4–9.8 ppb, acetaldehído 5.2–7.1 ppb, acroleína 0.5–0.9 ppb). En el bosque urbano, se determinaron concentraciones de formaldehído (5.8–8.4 ppb), acetaldehído (4.2–6.5 ppb) y acroleína (0.4–0.7 ppb) mayores que los reportados para bosques naturales. En todos los casos, el acetaldehído y formaldehído dominaron el potencial fotoquímico de formación de ozono ($>80\%$), seguidos por acroleína. Estos hallazgos indican que los bosques urbanos, aunque con menor carga de carbono reactivo que las zonas urbanas, presentan concentraciones significativamente mayores que los ecosistemas forestales remotos, lo que pone en evidencia una influencia antropogénica. Bajo condiciones de alta oxidación, estas áreas verdes pueden actuar como fuentes locales de precursores de ozono, por lo que es clave integrarlas en inventarios de carbono urbano y estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero, en línea con la agenda del Programa Mexicano del Carbono.

Palabras clave: *carbono orgánico reactivo; formaldehído; contingencias ambientales.*

1.22. Estudio de la variabilidad y tendencia del CO₂ en la Ciudad de México.

Porras Reza Sandra^{1,2}, González del Castillo Eugenia; Jonathan Malagón; Stremme Wolfgang; Bezanilla Alejandro; Agustín García-Reynoso y Michel Grutter¹

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México

*Autor para correspondencia: sandra.porras.reza@ciencias.unam.mx

Resumen

La Ciudad de México es el centro urbano más grande del país, por lo que mantener una buena estimación de las emisiones de CO₂ en la región es crucial para promover adecuadas políticas públicas en torno a la reducción de gases de efecto invernadero. Este trabajo presenta el estudio de la variabilidad y tendencia del CO₂ en la Ciudad de México a partir de mediciones directas. Durante este proyecto se implementó una red piloto de cinco microsensors de costo intermedio, calibrados con un analizador de referencia (Picarro G2401) y desplegados en sitios estratégicos de la zona metropolitana, utilizando la infraestructura de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA). En el análisis de calibración, se muestra que la red es capaz de capturar con alta resolución temporal los gradientes urbanos de CO₂, manteniendo una incertidumbre menor a 5 ppm. Al comparar las observaciones con simulaciones del modelo WRF-Chem, utilizando emisiones del inventario de emisiones de 2016, se encontró que el modelo reproduce adecuadamente las concentraciones en el núcleo urbano donde las fuentes de emisión están mejor caracterizadas, sin embargo, presenta limitaciones en zonas periurbanas en expansión urbana acelerada, como Tecámac, donde subestima las emisiones en al menos 40 ppm o en zonas como Milpa Alta, donde la orografía genera patrones meteorológicos complejos que no son reproducidos adecuadamente por el modelo. Finalmente, este estudio se complementa con la serie temporal de CO₂ de más de 10 años obtenida en el sur de la ciudad (ICAYCC-UNAM), lo que aporta una visión más amplia de las tendencias de fondo y del papel de la Ciudad de México en el contexto regional. Estos resultados destacan el valor de las redes de medición de gases de efecto invernadero para la verificación independiente de inventarios y la mejora de estrategias de mitigación urbana.

Palabras clave: *CO₂ urbano; Ciudad de México; mediciones atmosféricas; emisiones.*

1.23. Variabilidad de los principales flujos de carbono, agua y energía en la península de Yucatán.

Figuroa-Espinoza Bernardo^{1,2}; Beramendi-Orosco Laura³; Espinosa-Fuentes María de la Luz⁴; González-Del Castillo Eugenia^{2,4}; González-Duran L. del Carmen⁷; Kú-Quej Victor M.⁶; Mendoza-Vega Jorge⁶; Tec-Pardillo Rodrigo⁸; Uuh-Sonda Jorge M.^{2,5} y Grutter Michel^{4,*}

¹ Instituto de Ingeniería, Unidad Académica Sisal, Universidad Nacional Autónoma de México. Puerto de Abrigo S/N, Sisal, Yucatán, 97355.

² Laboratorio Nacional Conahcyt MexFlux

³ Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México.

⁴ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, 04510 Coyoacán, Ciudad de México..

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

⁶ El Colegio de la Frontera Sur Campeche. Av. Rancho, Polígono 2A, Parque Industrial Lerma, Campeche, Camp. C.P. 24500.

⁷ Instituto Tecnológico de Chiná, Calle 11 S/N, Col. Centro, CP 24520. Campeche, Campeche

⁸ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México

*Autor para correspondencia: grutter@unam.mx

Resumen

La Península de Yucatán alberga una de las selvas tropicales más extensas de América, cuya dinámica de captura y emisión de carbono continúa incierta por la escasez de mediciones *in situ* y a la heterogeneidad climática, edáfica y fenológica de la región. Este proyecto interdisciplinario busca entender el papel de estas selvas en los ciclos regional y global del carbono, reduciendo la incertidumbre sobre su potencial como sumideros o fuentes de CO₂, así como sobre los intercambios de agua y energía con la atmósfera a lo largo de un gradiente hidrológico. También analiza cómo variables meteorológicas y fenológicas regulan estos procesos en escalas diarias, estacionales e interanuales. La estrategia combina monitoreo continuo mediante torres de covarianza de flujos turbulentos, análisis isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ y radiocarbono), percepción remota y edafológicos, tanto *in situ* como con sistemas de observación satelital, para desagregar las contribuciones del suelo, la vegetación y la atmósfera, y escalar los resultados a nivel regional. El monitoreo se desarrollará en dos sitios representativos de extremos del gradiente eco-climático: la reserva estatal El Palmar al noroeste y Oxpemul en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, al sur. Se espera generar información inédita sobre balances de carbono y agua, validar productos satelitales de productividad y fluorescencia inducida por radiación solar, y establecer líneas base sólidas de captura de carbono. Los resultados contribuirán a reducir la incertidumbre sobre el papel de las selvas tropicales en mitigar el cambio climático, además de ofrecer datos abiertos y formar recursos humanos especializados.

Palabras clave: *selvas tropicales, gradiente ecoclimático, covarianza de vórtices, fuentes de emisión y contaminación atmosférica, variabilidad climática, composición isotópica, radiocarbono.*

Sección 2

BIOENERGÍA



2.1. Estimación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en comercios de alimentos en Morelia, Michoacán.

Gómez-Anaya Karime^{1,2} y Serrano-Medrano Montserrat²

¹ Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia.

² Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM Campus Morelia. Antigua Carretera a Pátzcuaro No.8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán.

* Autor para correspondencia: kgomez@cieco.unam.mx

Resumen

En México, un país mayoritariamente dependiente de los combustibles fósiles, sólo el 14% de la energía primaria proviene de fuentes renovables. El uso de la bioenergía, como la biomasa, es la fuente de energía renovable más utilizada, representando un 4.63% de la matriz energética nacional. Sin embargo, el uso de biocombustibles sólidos como la leña y el carbón en los sectores residencial, y aún más, en el comercial-industrial ha sido poco estudiado en el contexto de una transición energética, que busque reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En general, la mayoría de los trabajos y aportes están enfocados en el sector residencial, algo que no ocurre con los sectores comercial e industrial, lo que conlleva a una subestimación en el uso de biomasa y la cuantificación de emisiones GEI derivadas de este uso. El presente estudio, toma como caso de estudio la ciudad de Morelia, Michoacán. Se realizó una caracterización de 90 establecimientos comerciales dedicados a la preparación de alimentos y productos con leña y/o carbón para estimar el uso y consumo de leña y carbón y sus correspondientes emisiones de CO₂ y comprender la dinámica del uso de biomasa en el sector comercial de alimentos. Los principales alimentos preparados son Pollos, Carnes y Pizzas con emisiones estimadas de 3196 tonCO₂/año, 1671 tonCO₂/año y 304.291 tonCO₂/año respectivamente. Este trabajo busca contribuir a la mejora en las estimaciones tanto de consumo de leña y carbón en el Balance de Energía como de las emisiones de GEI derivadas de los inventarios nacionales y mostrar la importancia de estudios locales en el estudio de la biomasa.

Palabras clave: *biocombustibles sólidos; sector comercial; estimaciones de GEI.*

Sección 3

DIMENSIÓN
SOCIAL



3.1. Estimación monetaria de la pérdida socioeconómica en áreas afectadas por incendios forestales en la Frailesca, Chiapas.

Pacheco-Torres Alan M.^{1,*}; Raj-Aryal Deb²; Velázquez-Sanabria Carlos A.³; Garduño-Mendoza Erika⁴; Venegas-Vengas José A.² y Guevara-Hernández Francisco³

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

² Secretaría de Ciencia, Humanidades Tecnología e Innovación

³ Facultad de Ciencias Agronómicas C-V, Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas

⁴ Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad. Morelia, Michoacán.

*Autor para correspondencia: alanmpacheco@gmail.com

Resumen

Los incendios forestales constituyen una de las principales perturbaciones ecológicas, generando impactos que trascienden lo ambiental y afectan profundamente las dinámicas económicas, sociales y culturales de las comunidades rurales. El presente estudio tiene como objetivo estimar la pérdida socioeconómica ocasionada por incendios forestales en el municipio de Villaflores, región Frailesca, Chiapas, mediante la integración de herramientas participativas y técnicas de análisis espacial. Reconociendo que los efectos del fuego no se distribuyen de manera homogénea en el territorio, se optó por la entrevista semiestructurada como técnica de recolección de datos, diseñada y aplicada según las características locales. El instrumento incluyó 30 preguntas agrupadas en cinco dimensiones: ambiental, económica, social, cultural y adaptación, permitiendo captar tanto datos cuantitativos como narrativas comunitarias sobre impactos percibidos y estrategias locales de respuesta. La selección de localidades se realizó mediante muestreo intencional, priorizando zonas clasificadas como de riesgo “alto” y “muy alto”. La recolección se llevó a cabo con la técnica “bola de nieve”. Los resultados evidenciaron afectaciones económicas recurrentes por pérdida de cultivos, infraestructura productiva y disminución de ingresos. En lo ambiental, se reportó degradación del suelo, pérdida de cobertura vegetal y afectación a la fauna. En lo social, se identificaron problemas de salud derivados del humo. La dimensión cultural reflejó la pérdida de sitios significativos para la identidad local. En cuanto a adaptación, se destacaron acciones como brechas cortafuego, limpieza de combustible forestal y brigadas comunitarias capacitadas. Con base en los datos, se elaboró una tabla de pérdidas monetarias por dimensión y localidad, utilizada para generar un mapa de interpolación espacial mediante Kriging, útil para la gestión del riesgo y la toma de decisiones comunitarias.

Palabras clave: *adaptación comunitaria; degradación ambiental; interpolación espacial.*

Sección 4

ECOSISTEMAS
ACUÁTICOS



4.1. Flujos de nutrientes y metabolismo neto del estero bacochibampo receptor de aguas residuales urbanas en el Golfo de California.

Medina-Galvan Julio^{1,*}; Arreola-Lizárraga José Alfredo²; Burrola-Sánchez María S.²; Urías-Laborín David² y Ruiz-Ruiz Thelma M.²

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

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

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

Resumen

El estero Bacochibampo es un sistema urbanizado ubicado en la ciudad de Guaymas, Sonora, México. El objetivo del estudio fue estimar los flujos de nutrientes y el metabolismo neto durante los periodos de estiaje y lluvias. El estero tiene una superficie de ~ 26 ha, está comunicado con el mar por medio de una boca abierta permanentemente y es receptor de aguas residuales urbanas. En este estudio se realizó un levantamiento batimétrico del sistema, se registraron la evaporación y precipitación, y se recolectaron muestras del agua durante los periodos de estiaje (marzo-mayo) y lluvias (septiembre-octubre) en sitios ubicados en la descarga, el estero y el mar adyacente para determinar nitritos, nitratos, amonio y ortofosfato y en cada sitio se registraron temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. Los flujos de nutrientes y el metabolismo neto del ecosistema se estimaron mediante el modelo biogeoquímico LOICZ. Los resultados mostraron que durante el estiaje la tasa de renovación del agua del estero fue de 2.5 días, mientras que en la temporada de lluvias fue de 1.7 días. Durante estiaje y lluvias el estero funcionó como fuente de N, pero las tasas de transferencia se duplicaron en el periodo de lluvias. Durante el estiaje, el estero fue sumidero de P y durante las lluvias fue fuente de P. En el estiaje dominaron los procesos de fijación de nitrógeno y metabolismo autótrofo, y en las lluvias dominaron los procesos de desnitrificación y el metabolismo heterótrofo. Se concluye que los aportes de nutrientes por aguas residuales urbanas inducen incrementos de los flujos de nutrientes y en el metabolismo del ecosistema, y estos procesos biogeoquímicos se intensifican durante el periodo de lluvias.

Palabras clave: *procesos biogeoquímicos, aguas residuales urbanas, ecosistemas costeros*

4.2. Concentración de carbono orgánico disuelto en un humedal lacustre de la Ciudad de México.

Padrón Manuel A.¹; Ponce-De León Claudia A.²; Hernández-Quiróz Manuel² y Vargas-Sánchez Mariana²

¹ Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Coyoacán, CP 04510, Ciudad de Mexico, Mexico.

² Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Coyoacán, CP 04510, Ciudad de Mexico, Mexico.

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

Resumen

Dentro del ciclo global del carbono (C) los sistemas acuáticos epicontinentales representan un papel importante al actuar como reservorios, transformadores y emisores de C. En este contexto los humedales lacustres urbanos obtienen relevancia por su interacción constante con las actividades humanas y su susceptibilidad a cambios en la calidad del agua. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue estimar la concentración de carbono orgánico disuelto (COD) en siete puntos estratégicos del Área Natural Protegida “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”. El estudio se llevó a cabo durante la temporada seca (marzo de 2025). Los resultados mostraron variaciones significativas en la concentración de COD en los distintos sitios, asociados al uso de suelo, carga orgánica autóctona y aportes de aguas residuales municipales. La concentración de COD osciló entre 8.62 y 38.25 mg L⁻¹, con un promedio general de 18.55 ± 9.29 mg L⁻¹, dejando en primer lugar a el sitio Casa de Cultura (37.62 ± 0.88 mg L⁻¹) con mayor influencia urbana. Se encontró que la descarga de agua residual municipal tiene la mayor influencia en las concentraciones de COD. Estos hallazgos sugieren que la heterogeneidad del uso de suelo y la calidad del agua influyen en la concentración de COD, lo que resalta la necesidad de realizar estudios a largo plazo que integren nutrientes, C y gases de efecto invernadero en estos ecosistemas urbanos.

Palabras clave: *carbono orgánico; humedal lacustre; Xochimilco; impacto antropogénico.*

4.3. Concentración y emisión de CO₂ en tres cuerpos urbanos hipertróficos de la Ciudad de México.

Vargas-Sánchez Mariana¹; Oseguera-Pérez Luis A.²; Soria Ismael² y Alcocer Javier²

¹ Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Coyoacán, CP 04510, Ciudad de México, México

² Laboratorio de Limnología Tropical, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. De los Barrios N° 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla 54090, México.

* Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

Resumen

Los lagos urbanos son altamente sensibles a diversas presiones que derivan en la eutrofización de los mismos. Mientras algunos estudios sugieren que el incremento del nivel trófico convierte a los lagos urbanos en sumideros de CO₂, otros indican que los efluentes ricos en nutrientes intensifican sus emisiones. Este estudio tuvo como objetivo cuantificar la concentración (C_{CO_2}) y flujos de evasión (F_{CO_2}) de CO₂, caracterizar sus patrones espaciales y determinar los factores ambientales que modulan su variabilidad en tres lagos urbanos hipertróficos de la Ciudad de México. El estudio se llevó a cabo durante la temporada cálida/seca (abril de 2025). Se midieron variables limnológicas básicas (temperatura, oxígeno disuelto, pH y K_{25}) y se colectaron muestras de agua en la superficie de cada cuerpo de agua para estimar la C_{CO_2} . El F_{CO_2} se midió utilizando cámaras flotantes dinámicas. La C_{CO_2} y el F_{CO_2} se estimaron mediante espectroscopia fotoacústica (GASERA One Pulse). La C_{CO_2} promedio más elevada se presentó en el Lago Viejo ($8.34 \pm 1.58 \mu\text{mol L}^{-1}$), seguido del Lago Menor ($5.03 \pm 0.28 \mu\text{mol L}^{-1}$) y, finalmente, el Lago Mayor ($4.45 \pm 0.4 \mu\text{mol L}^{-1}$). Los tres lagos exhibieron subsaturación de CO₂ en la columna de agua, probablemente por la elevada demanda de CO₂ por parte de producción primaria, por lo que actuaron como sumidero de CO₂ de la atmósfera. El F_{CO_2} promedio más elevado se presentó en el Lago Viejo ($-510.5 \pm 131.0 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), seguido del Lago Menor ($-302.7 \pm 13.1 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) y, finalmente, el Lago Mayor ($-127.8 \pm 114.1 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Este estudio mejora la predicción de emisiones de CO₂ en lagos bajo presión antropogénica y establece bases científicas para su gestión sostenible en entornos urbanos.

Palabras clave: eutrofización; lagos urbanos; dióxido de carbono.

4.4. Caracterización de las propiedades ópticas de la materia orgánica disuelta cromofórica en el sistema de pozas rojas, Desierto de Chihuahua

Soria-Reinoso Ismael^{1,2}; Alcocer-Durand Javier^{2,*}; Sánchez-Carrillo Salvador³; García-Oliva Felipe⁴; Rivera-Herrera E. Montserrat¹; Vargas-Sánchez Mariana¹ y Oseguera-Pérez Luis A.²

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, C.P. 54090, Tlalnepantla, Estado de México.

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

⁴ Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán, México.

*Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

Resumen

Los sistemas acuáticos someros y de menor tamaño, localmente conocidos como pozas, son sistemas clave en el ciclo regional del carbono, donde la materia orgánica disuelta (MOD), particularmente su fracción cromofórica (MODC), desempeña un papel fundamental en la dinámica biogeoquímica. Este estudio caracterizó las propiedades ópticas de la MODC en seis pozas de la cuenca de Cuatro Ciénegas, Coahuila, conocidas localmente como Pozas Rojas. Cinco pozas son rojas, someras, alcalinas, salinas con condiciones variables de oxígeno disuelto, mientras que la sexta, denominada Poza Grande, es más profunda, ligeramente ácida, subsalina y de menor color. Mediante espectroscopía de absorción se midieron las fracciones aromáticas, fúlvicas y de lignina, las cuales mostraron valores similares entre las Pozas Rojas, pero concentraciones hasta 10 veces superiores en las Pozas 2 y 4 con respecto a Poza Grande. De forma similar, el color verdadero ($\text{mg L}^{-1} \text{Pt}$) fue hasta 8 veces más alto en las Pozas Rojas con respecto a la Poza Grande. En las Pozas Rojas, las tasas altas de evaporación y menor profundidad favorecen la fotooxidación del MODC, lo que se refleja en mayores pendientes espectrales y relaciones indicativas de compuestos autóctonos fotodegradados de bajo peso molecular. En contraste, Poza Grande se caracteriza por compuestos alóctonos de mayor peso molecular y menor grado de fotodegradación. Finalmente, la baja presencia de sustancias húmicas y fúlvicas sugiere una limitada humificación del carbono orgánico, posiblemente asociada a los suelos calcáreos pobres en materia orgánica típicos de zonas áridas.

Palabras clave: *CDOM; pozas; propiedades ópticas; Cuenca de Cuatro Ciénegas; Coahuila.*

4.5. Dinámica anual de materia orgánica disuelta cromofórica (MODC) de los lagos de alta montaña El Sol y La Luna, Nevado de Toluca.

Gudiño-Regalado Mauricio A.¹; Soria-Reinoso Ismael²; Alcocer-Durand Javier^{2,*}; Oseguera-Pérez Luis² y Rivera-Herrera E. Montserrat²

¹ Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. de los Barrios 1, Los Reyes Iztacala, C.P. 54090, Tlalnepantla, Estado de México.

² 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: jalcocerdurand@gmail.com

Resumen

Los lagos El Sol y La Luna son los únicos lagos de alta montaña (LAM) de México. En los LAM, la materia orgánica disuelta cromofórica (MODC) juega un papel fundamental en el ciclo del carbono, regulando la penetración de luz e incidiendo en los procesos biogeoquímicos. Este estudio dio seguimiento temporal (enero de 2023 a enero de 2024) de la MODC de ambos lagos a través del registro de sus propiedades ópticas mediante espectroscopía de absorbancia y su relación con las principales variables meteorológicas y parámetros fisicoquímicos de la columna de agua. El coeficiente a_{254} , indicativo del estado trófico, fue casi tres veces más alto en El Sol ($6.46 \pm 1.42 \text{ m}^{-1}$) que en La Luna ($2.30 \pm 1.27 \text{ m}^{-1}$), otorgándoles la categoría de mesotrófico y oligotrófico, respectivamente. La pendiente espectral $S_{275-295}$ fue similar en ambos lagos pero mostró variaciones estacionales, con picos en época de lluvias y valores mínimos en secas. La MODC de ambos lagos es principalmente de origen autóctono ($S_R > 1$), asociados a la mayor productividad primaria en El Sol y mayores procesos de fotodegradación en La Luna. Esto se verifica porque La Luna tuvo valores altos de $S_{275-295}$ y $E_2:E_3$ en la temporada seca, indicando una MODC más fotodegradada. El $SUVA_{254}$, indicador del grado de aromaticidad, fue significativamente mayor en La Luna, lo cual se asoció a los aportes alóctonos recibidos a través del depósito seco y húmedo. El Sol presentó una MODC autóctona y menos aromática que la de La Luna debido a mayor productividad primaria.

Palabras clave: MODC; lagos de alta montaña; espectroscopia de absorbancia; México

4.6. Dinámica del dióxido de carbono en un lago alcalino sódico.

Sánchez-Muñoz Wendy N.¹; **Alcocer-Durand Javier**^{2,*}; Sánchez-Carrillo Salvador³; Oseguera-Pérez Luis A.² y Soria-Reinoso Ismael²

¹ Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Av. de los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala Tlalnepantla, Edo. de México CP: 54090.

² 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.

³ Museo Nacional de Ciencias Naturales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) Serrano 115 bis, E-28006-Madrid, España.

* Autor para correspondencia: jalcocerdurand@gmail.com

Resumen

La dinámica temporal de la concentración de CO₂ en Alchichica, un lago alcalino-sódico, está vinculada a su tipo térmico de monomixis cálida. Durante la estratificación (abril-diciembre), el CO₂ se acumula ($16.2 \pm 36.6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ L}^{-1}$) en el hipolimnion anóxico, favorecido por la descomposición de materia orgánica generada principalmente por los florecimientos fitoplanctónicos y la limitada difusión vertical impuesta por la termoclina. En contraste, durante la mezcla (enero-marzo), el CO₂ se redistribuye, alcanzando concentraciones de $14.6 - 31.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ L}^{-1}$ en la superficie de la columna de agua. En el ciclo analizado (diciembre 2023 - diciembre 2024), Alchichica presentó un flujo anual de $891\,679.4 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ a la atmósfera. La mayor emisión se observó en diciembre de 2023 ($144\,288.5 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$), mientras que en agosto el lago revirtió su comportamiento y actuó como sumidero ($-3\,125.3 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ mes}^{-1}$). El carbono inorgánico disuelto (CID) mostró una relación inversa con la temperatura, sugiriendo que al aumentar la temperatura aumentan los procesos de precipitación de carbonatos lo que tiene un efecto en la concentración del CID. Estos resultados muestran que Alchichica alterna su funcionamiento entre fuente y sumidero de CO₂, con emisiones netas dominadas por la liberación durante casi todo el ciclo anual (excepto agosto 2024). Su contribución al ciclo global del carbono resalta la necesidad de incluir el estudio de los Sistemas Acuáticos Epicontinentales en inventarios de GEI.

Palabras Clave: *gases de efecto invernadero; ciclo del carbono; lago tropical; monomixis cálida; Alchichica; México*

4.7. Flujos de carbono orgánico particulado y clorofila-a en dos lagos de Montebello, Chiapas.

Soto-Pérez Dana N.¹; Alcocer-Durand Javier²; Rivera-Herrera Montserrat³; Fernández Rocío² y Oseguera-Pérez Luis A.²

¹ Licenciatura en Biología, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, México.

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

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

*Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

Resumen

El presente trabajo evaluó la variación estacional de los flujos de carbono orgánico particulado (COP) y de clorofila “a” (Clor-a) en dos lagos tropicales: Tziscoa (oligotrófico) y San José (con un estado trófico mayor), ubicados en el Parque Nacional “Lagunas de Montebello” (PNLM), Chiapas. Se realizaron cuatro campañas de muestreo (2023-2024) considerando las épocas contrastantes (lluvias y secas). Se colocaron trampas de sedimento al centro del lago y 2 m por encima del sedimento. Durante el período de lluvias en Tziscoa se registraron flujos de COP de $405.2 \pm 130.8 \mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ y $116.9 \pm 101.2 \mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ de Clor-a; en San José se registraron flujos de COP de $766.1 \pm 295.1 \mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ y $534.2 \pm 262.1 \mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ de Clor-a. Para la época de secas, Tziscoa presentó flujos de COP de $320.2 \pm 5.3 \mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ y $207.8 \pm 6.4 \mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ de Clor-a; mientras que San José mostró flujos de COP de $650.7 \pm 59.5 \mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ y $801.9 \pm 137.4 \mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ de Clor-a. El lago oligotrófico Tziscoa presentó valores menores de flujos en comparación con el lago San José debido a su menor producción primaria. Esta información es esencial para establecer líneas base de referencia que permitan monitorear y explicar cambios a largo plazo y evaluar el impacto de las actividades humanas en los lagos del PNLM.

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

4.8. Carbono orgánico particulado y materia total particulada en 5 pozas rojas de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Contreras-Cedillo Leonardo¹; Oseguera-Pérez Luis A.²; Soria-Reinoso Ismael F.² y Alcocer- Durand Javier²; Fernández Rocío²; Rivera-Herrera Montserrat³ y Vargas-Sánchez Mariana⁴

¹ Licenciatura en Biología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlanepantla 54090, México.

² Laboratorio de Limnología Tropical, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlanepantla 54090, México.

³ Programa de Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México 04510, México.

⁴ Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, CP 04510, Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: loseguera@unam.mx

Resumen

Cuatro Ciénegas, Coahuila, un ecosistema desértico con presencia de cuerpos acuáticos kársticos denominados como pozas. Las “Pozas Rojas” son un grupo de cuerpos acuáticos someros que, debido a la concentración de microorganismos pigmentados o a la presencia de compuestos orgánicos, muestran un color rojizo o anaranjado. Este es el primer registro del carbono orgánico particulado (COP) y de la materia total particulada (MTP) presente en las pozas. Cada poza fue caracterizada fisicoquímicamente en la parte central y más profunda (temperatura, concentración de oxígeno disuelto, pH y conductividad) y en cada una de ellas se tomaron muestras de agua para la determinación del COP y MTP. Las pozas fueron someras siendo la Poza 3 la más profunda con 30 cm. La temperatura de las Pozas fluctuó entre 27.8 a 32.1 °C. Las Poza 1 y 2 tuvieron valores de oxígeno disuelto menores a 1 mg L⁻¹. La conductividad de las Pozas Rojas varió de 17.0 a 25.9 mS cm⁻¹ y el pH entre 8.1 a 8.4. En la Poza Azul estos valores fueron menores con una conductividad de 5.7 mS cm⁻¹ y un pH de 6.7. Las Pozas 2 y 4 fueron las que presentaron mayor concentración de COP (349 ± 12 y 375 ± 12 µg L⁻¹ respectivamente) mientras que en las otras Pozas la concentración fue menor a 175 µg L⁻¹. La MTP fue mayor en la Poza 4 (99.0 mg L⁻¹) y la menor se registró en la Poza Azul con (4.7 ± 0.6 mg L⁻¹). A pesar de la proximidad entre las pozas, presentan diferencias significativas en sus características fisicoquímicas, así como en las concentraciones de COP y MTP.

Palabras Clave: *lagos kársticos, lagos someros; sistemas extremos; biomasa fitoplanctónica*

4.9. Variación espacial del dióxido de carbono disuelto en un humedal lacustre urbano con distintos grados de impacto antrópico.

Ríos-Carachure L. Rodrigo¹; Ponce-De León Claudia A.¹; Hernández-Qurióz Manuel¹ y Vargas-Sánchez Mariana^{2,*}

¹ Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Coyoacán, CP 04510, Ciudad de Mexico, Mexico.

² Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Coyoacán, CP 04510, Ciudad de Mexico, Mexico.

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

Resumen

Los humedales urbanos en regiones tropicales representan ecosistemas altamente dinámicos que influyen significativamente en el balance global de carbono, al actuar simultáneamente como reservorios y fuentes de dióxido de carbono (CO₂). Su ubicación en zonas densamente pobladas y su exposición a descargas urbanas modifican sus funciones biogeoquímicas, intensificando procesos de mineralización de materia orgánica y liberación de CO₂. Con el objetivo de estimar la contribución del humedal lacustre urbano “Xochimilco”, ubicado en la Ciudad de México, a las emisiones de CO₂, se llevó a cabo un monitoreo en siete sitios con diferentes características y distribuidos a lo largo del sistema. En cada punto se registraron *in situ* parámetros fisicoquímicos como temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y profundidad del disco de Secchi. Asimismo, se tomaron muestras de agua superficial para analizar la concentración de CO₂ disuelto en la columna de agua (C_{CO2}). La extracción del gas se efectuó mediante la técnica de espacio de cabeza, utilizando helio (He) como gas de intercambio. La C_{CO2} se estimó mediante espectroscopia fotoacústica. En los siete puntos de muestreo se observó sobresaturación de CO₂ en la columna de agua, por lo que actuaron como fuente de CO₂ de la atmósfera. La C_{CO2} promedio más elevada se presentó en el BO (262.5 ± 4.7 μmol L⁻¹) y el valor más bajo se registró en PC (59.6 ± 35.9 μmol L⁻¹). Este estudio destaca la relevancia de los humedales urbanos tropicales como emisores activos de CO₂, especialmente en contextos urbanos con alta presión antrópica.

Palabras clave: *gases de efecto invernadero; humedales urbanos; dióxido de carbono.*

4.10. Dinámica anual de la materia orgánica disuelta cromofórica (MODC) en el lago Alchichica, Puebla.

Guzmán-Torres Gissel C.¹; Soria-Reinoso Ismael²; Alcocer-Durand Javier^{2,*}; Oseguera-Pérez Luis A.² y Ardiles-Gloria Vilma S.¹

¹ Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, México.

² 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 lagos son un componente clave del ciclo del carbono. A su vez, la materia orgánica disuelta cromofórica (MODC) juega un papel fundamental en los procesos biogeoquímicos lacustres. En este estudio se analizó la dinámica anual de la MODC y el carbono orgánico disuelto (COD) en el lago Alchichica (marzo 2023–marzo 2024) en relación con su régimen térmico y condiciones fisicoquímicas. Se realizaron muestreos mensuales en superficie, medio y fondo, para evaluar la concentración de COD, coeficientes de absorción, $SUVA_{254}$, pendientes espectrales y clorofila *a*. Los resultados mostraron que el lago presenta un patrón térmico de monomixis cálida con un periodo de estratificación térmica de abril a diciembre y uno de mezcla en invierno. La concentración de COD y la MODC promediaron $4.79 \pm 0.52 \text{ mg L}^{-1}$ y $6.91 \pm 0.57 \text{ m}^{-1}$ (a_{350}), respectivamente. $SUVA_{254}$ promedió $2.24 \pm 0.19 \text{ L mg}^{-1} \text{ m}^{-1}$ con picos en el hipolimnion ($>4 \text{ L mg}^{-1} \text{ m}^{-1}$) durante la estratificación tardía asociado a una acumulación de compuestos aromáticos derivados probablemente del máximo profundo de clorofila (DCM). Los índices ópticos (S_R , $E_2:E_3$, $S_{275-295}$) evidencian una dominancia de compuestos autóctonos de bajo peso molecular modulados por la radiación solar y los procesos de fotodegradación. Se presume que el huracán *Otis* proporcionó un mínimo aporte de COD alóctono al sistema. Este estudio constituye la primera caracterización integral de la MODC en un lago salino tropical de México y establece una línea base esencial para evaluar su papel en el ciclo del carbono.

Palabras clave: MODC; lago monomíctico cálido; lago salino; lago tropical; Alchichica; México

4.11. Biomasa zooplanctónica en lagos tropicales con estados tróficos contrastantes, Lagunas de Montebello, Chiapas.

Dominguez-Vega Areli A.¹; Fernández Rocío²; Oseguera-Pérez Luis A.²; Zuñiga-Ramos Catriona A.²; Rivera-Herrera Erika M.³ y Alcocer-Durand Javier²

¹ Licenciatura en Biología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Grupo de Investigación en Limnología Tropical, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

³ Posgrado en Ciencias del mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

Resumen

La biomasa zooplanctónica es un indicador clave de la estructura y función de los ecosistemas acuáticos, reflejando la transferencia de energía a través de las redes tróficas. Este estudio evaluó la dinámica de la biomasa zooplanctónica en dos lagos tropicales kársticos con diferentes estados tróficos del Parque Nacional “Lagunas de Montebello”, Chiapas: Bosque Azul (eutrófico) y Tziscaco (oligotrófico). Se cuantificó la biomasa (peso seco, PS) de copépodos, cladóceros y rotíferos procedentes de campañas de muestreo (secas y lluvias de 2024) y se relacionaron con parámetros ambientales. Los resultados mostraron diferencias significativas entre sistemas: El lago eutrófico presentó biomásas hasta 12 veces mayores ($5355.0 \mu\text{g PS L}^{-1}$) que el oligotrófico ($422.8 \mu\text{g PS L}^{-1}$). Estos valores resultaron sustancialmente superiores a los registrados en otros lagos tropicales kársticos de la región, como La Encantada ($97\text{-}390 \mu\text{g PS L}^{-1}$) y Ensueño ($25\text{-}48 \mu\text{g PS L}^{-1}$). Los copépodos dominaron en ambos lagos ($>57\%$ de la biomasa total). El copépodo *Mastigodiptomus nesus* ($2100.0 \mu\text{g PS L}^{-1}$) y el cladócero *Ceriodaphnia dubia* ($2833.5 \mu\text{g PS L}^{-1}$) caracterizaron el lago eutrófico, mientras que el copépodo *Mastigodiptomus nesus* ($196.0 \mu\text{g PS L}^{-1}$) fue característico del oligotrófico. En ambos lagos la contribución en biomasa de los rotíferos fue reducida. La estacionalidad (secas versus lluvias) influyó notablemente en el lago eutrófico, donde en lluvias incrementó la biomasa en un 40%, mientras que el sistema oligotrófico mostró menor variabilidad ($\pm 15\%$). Estos hallazgos destacan el valor de la biomasa zooplanctónica como herramienta para evaluar el estado trófico y la salud ecológica de lagos tropicales, particularmente ante presiones antropogénicas.

Palabras clave: biomasa zooplanctónica; indicador trófico; lagos kársticos; eutrofización; México

4.12. Materia orgánica disuelta en tres lagos con diferente estado trófico.

Rivera-Herrera Montserrat¹; Alcocer-Durand Javier^{2,*}; Soria-Reinoso Ismael² y Oseguera-Pérez Luis A.²

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

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

*Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

Resumen

Se estudió la materia orgánica disuelta cromofórica en el fondo de tres lagos tropicales kársticos con diferentes estados tróficos: Bosque Azul, San José y Tziscaco, en el Parque Nacional “Lagunas de Montebello”, Chiapas. Se obtuvieron espectros de absorbancia UV-Vis (200-800 nm) con un espectrofotómetro de doble haz. Con estos datos, se calcularon el coeficiente de absorción a_{254} , la pendiente espectral $S_{275-295}$, el coeficiente de pendiente espectral S_R y el cociente E_2/E_3 . Los resultados mostraron que el valor de a_{254} fue menor en Tziscaco, seguido de San José y por último de Bosque Azul, lo que sugiere que el a_{254} aumenta conforme aumenta el estado trófico. Por otro lado, las propiedades ópticas E_2/E_3 y $S_{275-295}$ disminuyeron con el aumento del estado trófico. Los valores de S_R indicaron la presencia de compuestos autóctonos en los tres lagos, siendo Tziscaco el que mostró los valores más altos. Estos resultados reflejan una mayor productividad primaria y una mayor concentración de nutrientes en San José y Bosque Azul, ya que presentan compuestos de mayor peso molecular y mayor aromaticidad, influenciados por actividades antrópicas, mientras que Tziscaco mantiene una materia orgánica disuelta de origen autóctono con un peso molecular reducido.

Palabras clave: DOM; eutrofización; “Lagunas de Montebello; Chiapas; México.

4.13. Variación del sistema de carbonatos en el Pacífico tropical mexicano.

Espinosa-Carreón T. Leticia^{1,*}; De la Cruz-Ruiz A. Itahí^{1,2}; Coronado-Álvarez Luz de Lourdes A.³; Chapa-Balcorta Cecilia⁴; Hernández-Becerril David⁵ y Hernández-Ayón José M.³

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

² Doctorado en Conservación del Patrimonio Paisajístico, Instituto Politécnico Nacional.

³ Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, CP 22860, Ensenada, Baja California, México

⁴ Instituto de Recursos. Licenciatura en Oceanología. Universidad del Mar, Puerto Ángel, Carretera a Zipolite, CP 70902, Puerto Ángel, Oaxaca, México

⁵ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Cto. Exterior s/n. Coyoacán, CP 04510, Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: leticiaesp@gmail.com

Resumen

El Pacífico Tropical mexicano (PTM), es un lugar geográfico con condiciones climáticas y oceanográficas particulares como variabilidad de procesos de mesoescala, biomasa fitoplanctónica alta, así como diversas pesquerías, además de la influencia de los eventos El Niño y la Niña. En abril de 2017, 2018 y 2019 a bordo del BO El Puma, de la UNAM, se realizaron perfiles hidrológicos y se tomaron alícuotas de agua a profundidades discretas para análisis de carbono inorgánico disuelto (CID) en tres estaciones oceanográficas correspondientes a las zonas de Surgencia (Up), Convergencia Mexicana (CM) y Alberca de agua cálida (AC). Las masas de agua registradas fueron el Agua Subtropical Subsuperficial, Agua de Transición, Agua Intermedia del Pacífico, y en 2018 y 2019 se registró el Agua Tropical Superficial. Al realizar la comparación entre años y en las diferentes zonas, en la zona Up, la menor concentración de CID se registró en 2019 ($1939 \mu\text{mol kg}^{-1}$), la mayor fue en 2018 ($2321 \mu\text{mol kg}^{-1}$); en la zona CM, la menor fue en 2017 ($1991 \mu\text{mol kg}^{-1}$), la mayor fue en 2018 ($2319 \mu\text{mol kg}^{-1}$); en 2017, en la AC se registraron los valores mínimo y máximo ($1902 \mu\text{mol kg}^{-1}$, $2325 \mu\text{mol kg}^{-1}$ respectivamente). En la zona Up, los valores mínimos y máximos de pH_T , se registraron en 2018 (7.47, 8.05 respectivamente); en la CM el valor menor fue en 2019 (7.39) y el máximo fue en 2017 (8.13). En la zona Up, los valores menores estimados de la presión parcial de CO_2 (pCO_2), fueron en 2019 ($316 \mu\text{atm}$) y los máximos en 2018 ($1817 \mu\text{atm}$); en la CM los menores fueron en 2017 ($381 \mu\text{atm}$), los máximos en 2019 ($2200 \mu\text{atm}$); en AC los mínimos fueron en 2017 ($250 \mu\text{atm}$), los máximos en 2019 ($2173 \mu\text{atm}$).

Palabras clave: *sistema de carbonatos, hidrología, Pacífico tropical mexicano.*

4.14. Estimación del carbono orgánico particulado a partir de un modelo de sedimentos suspendidos con imágenes Landsat en el río Usumacinta, México

Palma Alejandro¹; Soria-Reinoso Ismael^{1,2}; Alcocer Javier^{2,*}; Sánchez-Carrillo Salvador³; Rivera-Herrera Erika M.¹ y Oseguera Luis A.²

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, C.P. 54090, Tlalnepantla, Estado de México.

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

*Autor para correspondencia: jalcocer@unam.mx

Resumen

La cuantificación del carbono orgánico particulado (COP) en los sistemas fluviales tiene un papel fundamental en la dinámica del ciclo del carbono. Sin embargo, la medición directa del COP a mayor escala espacial y temporal es un desafío logístico y económico en ríos grandes como el Usumacinta. En este sentido, varios estudios han implementado el uso de sensores remotos para la estimación del COP a partir de relaciones empíricas entre mediciones *in situ* e imágenes satelitales. Este estudio presenta un primer acercamiento a la estimación de sólidos suspendidos totales (SST) y COP en 18 estaciones del río Usumacinta a partir de imágenes de la misión Landsat. Se realizaron seis campañas de muestreo (tres en temporadas de lluvias y tres en secas) desde 2017 hasta 2019. Como primer paso, se generó un modelo de estimación de SST a partir del índice espectral de turbidez normalizada (NDTI). El modelo de SST con imágenes Landsat tiene un coeficiente de determinación del 66%, el cual se utilizó en el cálculo del COP a partir de las relaciones directas previamente descritas para el río Usumacinta. Finalmente, tras el análisis de las diferentes relaciones entre COP y NDTI, se obtuvieron dos modelos principales para estimar el COP. El primer modelo presentó un error porcentual absoluto medio inferior al 29% y el segundo un sesgo cercano a 0.05. Aunque los valores de R^2 son bajos (0.34), representan una estimación del COP mediante imágenes satelitales y brindan posibilidades alentadoras para entender mejor la dinámica espacial y temporal a nivel de toda la cuenca.

Palabras clave: *teledetección; COP; sedimentos suspendidos; río tropical; NDTI*

Sección 5

ECOSISTEMAS
COSTEROS



5.1. Almacenamiento de carbono azul en praderas de pastos marinos en Champotón, Campeche.

Guerrero-Cruz Kevin J. ^{1,*}; Gallegos-Martínez Margarita E. ² y Ruiz-Fernández Ana C. ³

¹ Maestría en Energía y Medio Ambiente en el área de Ecología. Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, Alcaldía Iztapalapa, 09340, Ciudad de México, México.

² Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, Alcaldía Iztapalapa, 09340, Ciudad de México, México.

³ Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 82040 Mazatlán, Sin., México.

* Autor de correspondencia: cbi2223804066@izt.uam.mx

Resumen

Las praderas de pastos marinos son sumideros clave de carbono azul, pero su función ha sido poco documentada en la costa de Campeche. Este estudio evaluó el almacenamiento de carbono orgánico (C_{org}) en sedimentos de praderas marinas de Champotón, Campeche mediante análisis fisicoquímicos, granulometría, biomasa, y fechado con ^{210}Pb . Se colectaron núcleos en cuatro estaciones (CH1–CH4), donde se estimaron inventarios entre 98.42 ± 17.85 y 129.61 ± 19.87 Mg C ha⁻¹, superiores a los reportados en ecosistemas costeros similares. Las tasas de acumulación másica y sedimentaria reflejaron cambios asociados a eventos hidrometeorológicos y actividades antrópicas. La mayor acumulación de C_{org} se observó en fracciones sedimentarias finas, mientras que la biomasa vegetal presentó patrones de recuperación estacional, destacando la resiliencia de *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*. Los resultados subrayan la importancia de conservar estas praderas para mitigar el cambio climático y mantener los servicios ecosistémicos costeros.

Palabras clave: *carbono azul, pastos marinos, ^{210}Pb , Champotón, ecosistemas costeros.*

5.2. Análisis comparativo del seston de dos lagunas costeras (macromareal vs micromareal) en el Golfo de California.

Arreola-Lizárraga José A.^{1,*}; Ruiz-Ruiz Thelma M.¹; Medina-Galvan Julio²; Chávez-Villalba Jorge¹ y Salas-Mejía Nathaly¹

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

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

*Autor para correspondencia: aarreola04@cibnor.mx

Resumen

El seston tiene una importancia ecológica relevante en estuarios y lagunas costeras, incide en la profundidad de penetración de la luz, distribución de vegetación acuática sumergida, tasas de producción primaria y es la dieta básica de los filtradores planctónicos y bentónicos. El objetivo del estudio fue comparar las concentraciones y variabilidad anual del seston en dos lagunas costeras una macromareal y otra micromareal. El área de estudio comprendió la laguna San Jorge (macromareal, amplitud de marea > 6 m) y la laguna El Soldado (micromareal, amplitud de marea ~1 m), localizadas en la costa este del Golfo de California en región árida subtropical. En cada laguna se registraron temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua y se recolectaron muestras del agua para determinar seston y clorofila *a* durante un ciclo anual. Los resultados mostraron que la composición del seston, tanto la materia orgánica particulada (MOP) como la materia inorgánica particulada (MIP), así como la biomasa de fitoplancton fueron mayores en El Soldado (MOP=30 ± 6 mg L⁻¹; MIP=107 ± 25 mg L⁻¹; Cl *a*=0.9 ± 0.5 mg m⁻³) que en San Jorge (MOP=21 ± 13 mg L⁻¹; MIP=92 ± 27 mg L⁻¹; Cl *a*=0.5 ± 0.8 mg m⁻³). Los valores más altos de seston se observaron en verano-otoño en El Soldado y en otoño en San Jorge. Se concluye que la amplitud de marea y las fuentes de seston a través del ciclo anual explican las diferencias de concentraciones de seston entre las lagunas costeras estudiadas.

Palabras clave: *ecosistemas costeros, amplitud de marea, materia orgánica particulada*

5.3. Variabilidad del carbono inorgánico disuelto en el sistema kárstico estuarino-lagunar más grande del sur del Golfo de México.

Martínez-Trejo José A.^{1,*}; Cardoso-Mohedano José G.², Sánchez-Cabeza Joan A.³; Hernández-Ayón José M.⁴; Ruíz-Fernández Ana C.³; Gómez-Ponce Mario A.²; Barranco Linda⁵ y Pech Daniel⁵

¹ Unidad de Química en Sisal, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. Puerto de Abrigo S/N, 97355, Sisal, Yucatán, México

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

³ Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Joel Montes Camarena s/n, 82040, Mazatlán, Sinaloa, México

⁴ Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada Ensenada, Baja California, México

⁵ Laboratorio de Biodiversidad Marina y Cambio Climático (BIOMARCCA), El Colegio de la Frontera Sur Lerma, 24500, Campeche, México

*Autor para correspondencia: j.andresmartineztrejo@gmail.com

Resumen

Los ecosistemas costeros con geología kárstica presentan una característica única: la disolución de las rocas carbonatadas puede aumentar la alcalinidad total (AT) y el carbono inorgánico disuelto (CID), lo que da lugar a una mayor concentración de carbono inorgánico en las zonas costeras. Uno de estos ecosistemas es la Laguna de Términos, el sistema lagunar estuarino tropical más extenso de México, ubicado en el acuífero kárstico de la Península de Yucatán y conectado con el sur del Golfo de México (sGoM). Medimos AT y CID para evaluar la variabilidad del sistema de carbonatos en la Laguna de Términos. Además, estimamos el pH, la presión parcial de CO₂ (pCO₂) y la saturación de aragonita (Ω_{Ar}) a lo largo de dos transectos desde los principales afluentes de la laguna (los ríos Palizada y Candelaria) hasta la zona costera, durante las temporadas seca y de lluvias. Durante la temporada seca, las concentraciones de AT y CID fueron significativamente más altas ($3092 \pm 452 \mu\text{mol kg}^{-1}$ AT, $2943 \pm 522 \mu\text{mol kg}^{-1}$ CID) que durante la temporada de lluvias ($2533 \pm 228 \mu\text{mol kg}^{-1}$ AT, $2492 \pm 259 \mu\text{mol kg}^{-1}$ CID). Nuestros cálculos indican que la pCO₂ durante la temporada de lluvias ($2532 \pm 2371 \mu\text{atm}$) parece ser mayor que en la temporada seca ($1534 \pm 1192 \mu\text{atm}$), lo que conlleva una reducción en el pH (de 7.9 ± 0.3 a 7.8 ± 0.3). Estos cambios significativos indican que las lluvias aumentan el flujo de agua fluvial insaturada hacia la laguna. Los resultados de este estudio contribuyen a establecer una línea base sobre la variabilidad del carbono inorgánico disuelto en el sGoM y pueden ser de utilidad para los tomadores de decisiones en la Laguna de Términos.

Palabras clave: *acidificación marina; acidificación costera; CO₂; sistema de carbonatos, karst*

5.4. Cuantificación de almacenes de carbono en suelo superficial de manglar y blanquizal, en la Reserva de la Biósfera de los Petenes, Campeche.

Rivera-Ruiz de Chávez Brenda I.¹; Chan-Solís María J.¹; Pech Daniel¹; Cueva-Rodríguez Alejandro H.²; Bravo-Monzón Ángel E.³ y Montiel-González Cristina^{1,*}

¹ Laboratorio Biomarcca; El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche, Av. Rancho Polígono 2-A, Col. Ciudad Industrial, 24500 Lerma Campeche, Campeche, México

² El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, Carretera Villahermosa-Reforma Km 15.5, Ranchería el Guineo, Sección II, 86280 Villahermosa, Tabasco. México

³ Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo. Avenida Universidad 3000, Col. Lomas de la Universidad C.P. 59103, Sahuayo, Michoacán. México

*Autor para correspondencia: cristina.montiel@ecosur.mx

Resumen

En el presente estudio, se estimó el tamaño de los almacenes de carbono total (CT), orgánico (COT) e inorgánico (CIT) y la emisión potencial de C como CO₂ a 15 cm de profundidad del suelo. El estudio se realizó en la Reserva de la Biósfera Los Petenes-Campeche, en un sistema de Manglar, Blanquizal y la transición entre ambos sistemas. Los resultados mostraron que del CT el COT representa: el 98 % en manglar con 46Mg/ha, el 80% en transición con 31 Mg/ha y el 86% en blanquizal con 32 Mg/ha. Por otro lado, del CT, el CIT representa: el 1.31% en manglar con 0.61 Mg/ha, el 19% en transición con 7 Mg/ha y el 13% en blanquizal con 5 Mg/ha. La emisión potencial total estimada de CO₂ en manglar fue de 171 MgCO₂/ha, en transición 142 MgCO₂/ha y en blanquizal de 136 Mg CO₂/ha. Los valores observados de los almacenes y emisiones potenciales sugieren que los ecosistemas estudiados presentan un alto potencial de almacenamiento de C orgánico en ecosistemas tanto en manglar, como en ecosistemas de blanquizal.

Palabras clave: *karst; manglar; blanquizal, carbono orgánico del suelo; mitigación.*

5.5. ¿Los flujos no mienten? Artefactos en la medición de CH₄ y CO₂ en tallos de árboles.

Salas-Rabaza Julio A.^{1,2,*}; Frédéric Thalasso^{2,3}; Pablo Morales-Rico³; Mayora Gisela⁴; Gade-Palma Eugenia M.²; Aguirre Francisco²; Fecci-Machuca Vicente²; Us-Santamaría Roberth¹ y Andrade José L.¹

¹ Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Calle 43 No. 130, Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán 97205, México.

² Cape Horn International Center, Universidad de Magallanes, O'Higgins 310, Puerto Williams, Chile.

³ Departamento de Biotecnología y Bioingeniería, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), Av. IPN 2508, Ciudad de México 07360, México.

⁴ Instituto Nacional de Limnología (Inali) Ciudad Universitaria, Colectora Ruta Nac. 168, Paraje El Pozo 3000, Santa Fé, Argentina.

*Autor para correspondencia: jsalasrab@gmail.com

Resumen

Los tallos de árboles intercambian gases de efecto invernadero (GEI) con la atmósfera, por lo que es crucial medir con precisión los flujos de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) para comprender su dinámica. Sin embargo, las fugas entre la cámara de medición y la atmósfera, así como la acumulación de gases en el interior pueden afectar significativamente las mediciones. En este estudio, evaluamos el impacto de estos fenómenos en cámaras cerradas semirrígidas. Se realizaron mediciones en tres especies de mangle en México y tres especies de *Nothofagus* en Chile. Las observaciones mostraron tasas de fuga significativas, entre 0 y 465 L h⁻¹, con un promedio de 1.25 ± 75.67 L h⁻¹. El uso de aislantes redujo la fuga entre 46 y 98 %. La acumulación de gas afectó fuertemente las mediciones de CH₄, mientras que los flujos de CO₂ fueron menos sensibles. Los efectos combinados de estos artefactos subestimaron las emisiones en un 40 ± 20 % para CH₄ y 22 ± 22 % para CO₂, dependiendo de la rugosidad de la corteza. Con base en estos resultados, proponemos un método sencillo y efectivo para minimizar los errores experimentales, considerando ambos efectos simultáneamente y evitando la necesidad de medirlos por separado. En conclusión, nuestros hallazgos y la revisión de literatura sugieren que las estimaciones actuales de flujos de GEI desde tallos de árboles están siendo subestimadas, lo que resalta la importancia de mejorar las técnicas de medición para obtener balances de carbono más precisos en distintos ecosistemas.

Palabras clave: metano, dióxido de carbono, manglares, rugosidad de la corteza, troncos

5.6. Emisiones de CH₄ y CO₂ mediadas por árboles de mangle: ¿el eslabón perdido de carbono?

Salas-Rabaza Julio A.^{1,*}; Thalasso Frédéric²; Yáñez-Espinosa Laura³; Cejudo Eduardo⁴; Cerón-Aguilera Gabriela¹; Us-Santamaría Roberth¹ y Andrade José Luis¹

¹ Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Calle 43 No. 130, Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán 97205, México.

² Departamento de Biotecnología y Bioingeniería, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), Av. IPN 2508, Ciudad de México 07360, México.

³ Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Altair No. 200, Col del Llano, San Luis Potosí, S.L.P. 78377, México.

⁴ Unidad de Ciencias del Agua, Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Calle 8, No. 39, Mz 29, SM 64, 77524 Cancún, Quintana Roo, México.

*Autor para correspondencia: jsalasrab@gmail.com

Resumen

Si bien los manglares son sumideros importantes de carbono, también liberan dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) a través del suelo y diferentes compartimentos vegetales. En este estudio evaluamos los flujos *in situ* de CO₂ de neumatóforos y de CH₄ y CO₂ de tallos y zancos de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* en distintos ecotipos de manglar (franja, chaparro, cuenca y petén) durante las estaciones de lluvias y sequía en Yucatán, México. La densidad de neumatóforos explicó hasta el 91% de los flujos de CO₂ en el manglar chaparro y entre el 83–87% en otros tipos de manglar en la interfaz agua–aire. Los flujos de CO₂ estuvieron inversamente correlacionados con la temperatura y la salinidad, y la inundación redujo las emisiones de la estación seca a la lluviosa. Los zancos, con mayor proporción de aerénquima y densidad de lenticelas, emitieron más CH₄ y CO₂ que los tallos, especialmente en *R. mangle* chaparro, y las emisiones de CH₄ fueron mayores durante la temporada de lluvias. Estos resultados muestran que las raíces aéreas de las especies de mangle modulan significativamente los flujos de gases de efecto invernadero (GEI), y que rasgos anatómicos de la corteza, como el aerénquima, facilitan el intercambio de gases. Estos hallazgos resaltan la necesidad de incluir estas estructuras y sus rasgos funcionales en los modelos y balances de carbono, así como considerar diferentes interfaces de intercambio, ecotipos y estaciones del año, para mejorar las estimaciones actuales de emisiones de GEI en manglares.

Palabras clave: metano, dióxido de carbono, fisiología, anatomía, tallos, manglares

5.7. Caracterización de carbono en el ecosistema de pastos marinos de una reserva tropical.

Santana Pauline M.¹; Pech Daniel¹; Chavez-Vergara Bruno²; Santana-Pérez Virginia¹; Chan Solís María J.¹; Bravo-Monzón Ángel E.³ y Montiel-González Cristina^{1,*}

¹ Laboratorio de Biodiversidad Marina y Cambio Climático (BIOMARCCA), El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche, Av. Rancho Polígono 2-A, Ciudad Industrial, 24500, Lerma, Campeche, México.

² Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510, Mexico.

³ Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, Sahuayo, Michoacán, México.

*Autor para correspondencia: cristina.montiel@ecosur.mx

Resumen

Las praderas de pastos marinos son ecosistemas costero-marinos altamente dinámicos reconocidos por su contribución para mitigar el cambio climático debido a su eficacia en el almacenamiento de carbono en su biomasa y sedimento. En este estudio, se presentan los resultados preliminares del almacenamiento del carbono orgánico e inorgánico en una pradera monoespecífica de *Thalassia testudinum* de La Reserva de la Biósfera de los Petenes (RBLP), sitio de estudio del carbono relevante para México por el estado de conservación y extensión de pastos marinos. Se colectaron muestras de biomasa de *T. testudinum* y sedimento a 20 cm de profundidad a 0, 500, 1500 y 3000 m de distancia a la costa. Las concentraciones (mg/g) de carbono total e inorgánico se calcularon con un analizador de carbono total por el método coulométrico, la concentración de carbono orgánico se calculó a partir de la diferencia entre el C total e inorgánico. Se calcularon los almacenes (g/m²) con concentración de C y densidad del sedimento. En sedimento, se observó un incremento en el almacén de CI conforme incrementaba la distancia a la costa, específicamente cuando se compararon las zonas más cercanas a la línea costera con los sitios más alejados a la costa. En biomasa, el almacén de CO tendió a ser más alto a los 1500 m y el almacén de CI a los 500 m. Los resultados sugieren la relevancia de la cuantificación del CI para mejorar la precisión de las evaluaciones de C en las praderas de pastos.

Palabras clave: *Sumidero de carbono; pastos marinos; sedimento; biomasa.*

5.8. Dinámica de la producción de carbono microbiano primario y secundario en la columna de agua y en los sedimentos de la Laguna de Mandinga, Veracruz.

Pantoja-Castro Sol A.¹; Ángeles-Vázquez José R.¹; Figueroa-Torres María G² y Ferrara-Guerrero María J.^{1,*}

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

*Autor para correspondencia: fgmd6735@correo.xoc.uam.mx

Resumen

El sistema lagunar de Mandinga Veracruz, ha sido alterado por la explotación intensiva de sus recursos, poniendo en riesgo equilibrio entre los componentes bióticos y abióticos. Pocas veces se evalúa la biomasa microbiana primaria (BMP) y de las bacterias heterótrofa (BBH) como indicadores de salud de este tipo de ecosistemas a pesar de su importancia en su estructura y funcionamiento. Con el propósito de evaluar el papel de la microflora fotoautótrofa y de las bacterias heterótrofas en la producción de carbono, se calculó la BMP y BBH y el perfil físico-químico de la columna de agua y del sedimento en sitios ecológicamente distintos. La BBH se calculó por método de epifluorescencia utilizando como fluorocromo DAPI y por la relación volumen celular: carbono; la BMP midiendo los espectros de absorción de la clorofila *a*. Los compuestos inorgánicos de N y P por técnicas colorimétricas; el pH, la temperatura, profundidad, transparencia y el ORP se midieron *in situ*. Se obtuvieron altos valores de BBH tanto en agua de fondo ($\pm 1.5 \text{ mgC L}^{-1}$) como en sedimento ($\pm 3.03 \text{ mgC cm}^{-3}$). Las concentraciones de BBH indican que estos microorganismos contribuyen de manera importante en los procesos de reciclaje del Carbono y al enriquecimiento en nutrientes inorgánicos del sistema, lo que se refleja en las altas concentraciones de BMP en los sedimentos. El análisis multivariante no mostró correlaciones entre el perfil físico-químico y los valores obtenidos de BBH y aunque la mayoría de los sitios muestreados son hipertróficos de acuerdo al índice TRIX calculado, los resultados de este estudio sugieren que aún un presenta equilibrio natural de nutrientes en el sistema y que es un reservorio de C de BPM y BBH.

Palabras clave: *clorofila a*; *bacterias heterótrofas*; *epifluorescencia*; *laguna costera*

5.9. Procesos que controlan la química del sistema del carbono en Laguna Ojo de Liebre, B.C.S.

Soto-López Leslie J.^{1,*}; Hernández-Ayón José M.²; Norzagaray-López Carlos O.²; López-Calderón Jorge M.¹ y González-Silva Adriana¹.

1 Facultad de Ciencias Marinas (FCM), Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Carretera Tijuana-Ensenada 3917, CP 22860, Ensenada, Baja California, México.

2 Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO), Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Carretera Tijuana-Ensenada 3917, CP 22860, Ensenada, Baja California, México.

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

Resumen

La Laguna Ojo de Liebre (LOL), en la península de Baja California, es un humedal costero de gran relevancia ecológica y económica, cuya dinámica interna está influenciada por el intercambio con masas de agua oceánicas y procesos locales como evaporación y mareas. Este estudio evaluó la dinámica estacional del sistema de CO₂ en la laguna, considerando el efecto de la advección de agua superficial y la evaporación. Se colectaron muestras en 18 estaciones durante agosto y noviembre de 2021, y marzo y junio de 2022, midiendo carbono inorgánico disuelto (DIC) mediante coulometría y alcalinidad total (TA) por titulación por HCl. Los resultados mostraron un patrón estacional y espacial consistente en las variables físicas y químicas, con un incremento del gradiente de la boca hacia el interior, alcanzando valores máximos en verano tardío y mínimos en primavera. La distribución de la salinidad se relacionó con el DIC/TA, ya que el bicarbonato constituye un macrocomponente de la salinidad; no obstante, las diferencias cuantitativas fueron mayores, con promedios de 426 y 547 $\mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ para DIC y TA, respectivamente. La normalización de las variables indicó que la evaporación domina en las zonas previas a la cuenca de evaporación, mientras que en esta última la disminución de carbono se atribuye a la precipitación de carbonatos y/o a la fotosíntesis. En general, la química del CO₂ en la LOL se controló espacialmente por la evaporación y temporalmente por la advección y surgencias costeras, con mayor influencia en primavera y verano. Los flujos de CO₂ evidenciaron que la laguna actúa como fuente neta hacia la atmósfera ($8.05 \pm 6.1 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$), excepto en el área interior, donde funciona como sumidero. Estos hallazgos destacan la importancia de los procesos físicos y biogeoquímicos en la regulación del sistema de carbono en lagunas costeras.

Palabras clave: *carbono inorgánico disuelto, alcalinidad total, salinidad, laguna hipersalina*

5.10. Producción de biomasa en troncos de manglar y su contribución al servicio de aprovisionamiento de madera.

Cinco-Castro Siuling G.^{1,3,4,*} y Herrera-Silveira Jorge A.^{1,2}

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

² Laboratorio de Resiliencia Costera (LANRESC). Sisal, Yucatán, México.

³ Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida. Universidad Autónoma Nacional de México. Yucatán México.

⁴ Utskintik Restauración de Ecosistemas y Comunidades A.C.

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

Resumen

Los manglares proveen diversos servicios ecosistémicos. Entre ellos se encuentra el aprovisionamiento de madera para diferentes usos. Este estudio se centra en la estimación de la biomasa y el volumen de madera en troncos de manglar de la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, con el objetivo de evaluar su contribución a la provisión de madera. Para ello, se realizó un análisis de 669 árboles de manglar distribuidos en 21 parcelas, caracterizando especies, altura y diámetro. La biomasa del tronco y del árbol se estimó usando ecuaciones alométricas, mientras que el volumen de madera en pie se calculó con un método directo, considerando un fuste cilíndrico. Los resultados indican que los manglares de Celestún tienen una alta biomasa promedio de árboles (199 t ha⁻¹). El volumen de madera promedio es de 436 m³ ha⁻¹. La especie con mayor contribución al volumen de madera es *Laguncularia racemosa*. El estudio destaca el potencial de los manglares de Celestún para el aprovechamiento forestal sostenible y subraya la importancia de generar información precisa sobre el crecimiento y las reservas de madera para implementar planes de manejo adecuados que contribuyan a la conservación de estos ecosistemas. Se propone la silvicultura como una alternativa para evitar la degradación y fortalecer el vínculo con las comunidades locales.

Palabras clave: manglares, biomasa, madera, servicios ecosistémicos.

5.11. La especiación del carbono inorgánico disuelto como indicador de procesos biogeoquímicos en pozas rocosas de marea tropicales.

Vargas-Sánchez Mariana^{1,*}; García-Cárdenas Eduardo¹; Ponce de León Claudia¹; Hernández-Quiróz Manuel¹ y Alcaraz Guillermina¹

¹ Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Coyoacán, CP 04510, Ciudad de México, México.

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

Resumen

Los intermareales rocosos son ecosistemas de transición con alta diversidad biológica y actividad biogeoquímica, donde las pozas de marea constituyen microhábitats críticos. Este estudio caracterizó la concentración y especiación del carbono inorgánico disuelto (CID) en pozas de marea de un litoral rocoso con el objetivo de evaluar su variabilidad biogeoquímica y sus implicaciones ecológicas. Se muestrearon aleatoriamente ocho pozas durante marea baja matutina, midiendo *in situ* temperatura, oxígeno disuelto (OD), pH y salinidad. El CID se cuantificó mediante un analizador de carbono tras acidificación con H₂SO₄, y su especiación (CO₂(ac), HCO₃⁻, CO₃²⁻) se calculó usando constantes termodinámicas ajustadas a las condiciones locales. Los resultados mostraron heterogeneidad significativa entre pozas: el CID varió entre 477.28 – 875.11 μmol L⁻¹, pH entre 7.30–8.04, y OD entre 4.22–6.74 mg L⁻¹. El HCO₃⁻ dominó la especiación (> 90% del CID), mientras el CO₂(ac) fue minoritario. Las pozas con mayor CID presentaron pH más bajos, sugiriendo influencia de procesos respiratorios y aislamiento. Estas pozas son sistemas dinámicos donde la actividad biológica modula la química del carbono, resaltando su sensibilidad a cambios ambientales y su relevancia en el ciclo local del carbono. Este trabajo establece una línea base para monitorear impactos del cambio global en estos ecosistemas vulnerables.

Palabras clave: *carbono inorgánico; litoral rocoso; pozas de marea; intermareal*

5.12. Aporte estacional de carbono por la hojarasca de *Rhizophora mangle* en la Laguna de Mandinga.

Reséndiz-Uribe Diana G.^{1,*}

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Biología, Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

* Autor para correspondencia: dianaru1001@gmail.com

Resumen

Los manglares son ecosistemas clave dentro del carbono azul, debido a su capacidad para capturar y almacenar grandes cantidades de carbono en biomasa y en sedimentos durante siglos. Además de su importancia ecológica, sustentan diversas actividades socioeconómicas. Evaluar la productividad primaria mediante la caída de hojarasca permite estimar la contribución de los manglares al sedimento como sumidero de carbono. El objetivo del estudio fue cuantificar el aporte de carbono obtenido de la biomasa de la hojarasca de *Rhizophora mangle* en la laguna de Mandinga Veracruz, un sitio costero sometido a presión antrópica. Se seleccionaron cinco sitios accesibles dentro del manglar alrededor de la laguna, con diferentes características. La hojarasca se recolectó mediante canastillas en dos temporadas a lo largo del año (transición de secas-lluvias y nortes). De la hojarasca recolectada se obtuvo su peso húmedo, se secó en horno, y se obtuvo el peso en seco. Por último, se estimó su biomasa anual y la aportación de carbono. Los mayores aportes se registraron durante la estación de nortes. La producción anual de hojarasca varió entre 2.41 y 11.72 Mg/ha/año. La productividad foliar del mangle rojo en mandinga se encuentra dentro de los rangos reportados para manglares tropicales, aunque con variaciones entre sitios asociadas a la estructura del bosque y factores climáticos. Estos resultados resaltan la importancia de la conservación de los manglares y su estructura para mantener su función como sumidero de carbono y sostén de servicios ecosistémicos.

Palabras clave: *biomasa, productividad primaria, carbono azul, servicios ecosistémicos, manglar.*

5.13. Estimación del carbono azul almacenado en biomasa de praderas de pastos marinos de tres sistemas lagunares del norte de Veracruz.

Cabrera-Mona Gilberto^{1,*}; Basáñez-Muñoz Agustín de J.¹ y Rivera-Guzmán Nadia E.¹

¹ Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros, Carretera Tuxpan-Tampico Kilómetro 7.5, Col. Universitaria, C.P. 92895, Tuxpan, Veracruz, México.

² Consultor independiente

*Autor para correspondencia: gilberto.cabreramona@gmail.com

Resumen

Los pastos marinos son ecosistemas costeros altamente productivos que desempeñan un papel fundamental en la dinámica del carbono azul. A través de su biomasa aérea y subterránea, capturan y almacenan carbono orgánico de forma eficiente, contribuyendo a la mitigación del cambio climático. Sin embargo, su estado de conservación y capacidad de almacenamiento puede variar en función de las condiciones ambientales locales y de la especie dominante. El objetivo de este estudio fue estimar el carbono almacenado en la biomasa de pastos marinos en tres sistemas lagunares del norte de Veracruz: Tamiahua, Barra Galindo y Tampamachoco. Para ello, se realizaron cinco puntos de muestreo en cada sitio, recolectando las especies presentes con ayuda de nucleadores. Las muestras se separaron en biomasa aérea y subterránea, se secaron en estufa a 60 °C durante 72 horas y posteriormente se determinó el contenido de carbono multiplicando el peso seco de la muestra por el factor de conversión de carbono por especie. Los resultados mostraron diferencias claras entre sitios y especies. En Tamiahua, donde coexistieron *Halodule wrightii*, *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, el promedio fue de 1.995 Mg C ha⁻¹, con valores entre 0.087 y 7.035 Mg C ha⁻¹; *T. testudinum* fue la principal aportadora, alcanzando el máximo del sitio. En Barra Galindo, dominado por *H. wrightii*, el promedio fue más bajo (0.703 Mg C ha⁻¹), con valores de 0.000 a 2.002 Mg C ha⁻¹, reflejando praderas menos densas y con menor capacidad de almacenamiento. En Tampamachoco, compuesto únicamente por *T. testudinum*, se obtuvo el mayor promedio con 3.628 Mg C ha⁻¹, y valores que variaron entre 1.581 y 6.062 Mg C ha⁻¹, consolidándose como el sitio con mayor potencial de captura. En conjunto, los resultados sugieren que la composición de especies y las condiciones locales determinan la capacidad de almacenamiento de carbono en biomasa, con *T. testudinum* como la especie clave en la región.

Palabras clave: *Sumideros de carbono, cambio climático, ecosistemas costeros*

5.14. Dos nuevos sitios de monitoreo de flujos verticales de carbono en manglares: Proyecto ManglarIA.

Uuh-Sonda Jorge M.^{1,4,*}; Domínguez-Eusebio Carlo A.^{2,4}; Sánchez-Mejía Zulia M.^{1,4}; Figueroa-Espinoza Bernardo^{3,4}; Alvarado-Barrientos M. Susana^{2,4}; Silva-Ontiveros C. Anibal⁴; Medina-Gómez Israel⁴; Salas-Rabaza Julio A.⁴; Vilchez-Salinas Lucila G⁴; Gómez-Liera Juan A.³; Madueño-Moreno Myrbeth G.¹; Sansón-Vera Gonzalo D.⁵; Castillo-Infante Frida R.⁵ y Corona-Salto Alejandro⁵

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

² Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología A.C. (INECOL). Carretera antigua a Coatepec No. 351, Col. El Haya. C.P. 91073. Xalapa, Veracruz, México.

³ Instituto de Ingeniería, Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros, Universidad Nacional Autónoma de México. Puerto de Abrigo S/N. C.P. 97351. Sisal, Yucatán, México.

⁴ Laboratorio Nacional Conahcyt MexFlux

⁵ Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) México

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

Resumen

Los manglares son ecosistemas de gran valor ecológico y socioambiental debido a su capacidad para capturar y almacenar dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, regular la dinámica costera y sostener la biodiversidad. No obstante, se encuentran cada vez más amenazados por presiones antropogénicas y por los efectos del cambio climático, lo que compromete su integridad estructural y funcional. En México, la colaboración dentro del Laboratorio Nacional Conahcyt MexFlux ha contribuido al avance del conocimiento sobre los flujos ecosistémicos de carbono en manglares mediante la técnica de covarianza de vórtices turbulentos (Eddy Covariance, EC). La iniciativa “ManglarIA” de WWF México integra inteligencia artificial (IA) con monitoreo ambiental continuo para ampliar y profundizar el conocimiento sobre estos ecosistemas y así fortalecer las estrategias de conservación nacional y contribuir a los esfuerzos globales de mitigación del cambio climático. En este trabajo se presenta la implementación de dos nuevos sitios de monitoreo de flujos ecosistémicos en áreas naturales protegidas: la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales (Nayarit) y la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos (Yucatán). Ambos sitios estarán equipados con sistemas de EC para estimar flujos verticales de CO₂, agua y energía, y sensores para medir variables hidrológicas y meteorológicas. Estas regiones contrastantes ofrecen una oportunidad única para investigar los controles ambientales que regulan la dinámica de carbono en manglares. Se espera obtener bases de datos de alta calidad y frecuencia que puedan ser integradas a herramientas de IA.

Palabras Clave: *covarianza de flujos turbulentos, dinámica de carbono, inteligencia artificial, marismas nacionales, Ría Lagartos*

5.15. Métodos para la evaluación del carbono azul en manglares y su aplicación en un caso de estudio en Yucatán.

Canul-Cabrera Jesús A.^{1,*}; Cinco-Castro Siuling G.¹, Moreno-Martínez Ameyali¹; Cortés-Esquivel, José L.¹ Teutli-Hernández Claudia² y Herrera-Silveira Jorge A.¹

¹ Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, unidad Mérida. Carretera Antigua a Progreso km 6, CP 97310, Col. Loma bonita, Mérida, Yucatán, México.

² Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida. Universidad Nacional Autónoma de México. Yucatán, México.

*Autor para correspondencia: jesus.canul@cinvestav.mx

Resumen

El incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero y sus efectos en el cambio climático ha destacado la importancia de los manglares como ecosistemas de carbono azul por su capacidad de capturar y almacenar carbono en la biomasa y en el suelo. Dadas las ventajas y limitaciones que presentan los métodos para la evaluación del carbono y la necesidad de tener métodos estandarizados que reduzcan la incertidumbre, este trabajo presenta un marco comparativo de las herramientas y métodos empleados para la evaluación de carbono azul en manglares, considerando inventarios de campo, ecuaciones alométricas y nuevas tecnologías como sensores remotos o radares. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica de manuales, protocolos y estudios aplicados en México, Centroamérica y el Caribe, y fue complementada con un estudio de caso en Celestún, Yucatán. Los resultados mostraron la variabilidad en los almacenes y tasas de captura entre compartimentos y tipos de manglar, lo cual es resultado de los desafíos ecológicos, como la variabilidad estructural resultado los gradientes ambientales y los desafíos metodológicos, entre ellos la falta de ecuaciones alométricas a nivel local, la dificultad logística en campo y las limitaciones existentes en las metodologías que pueden conducir a una mala implementación. Finalmente, se destaca la necesidad de incorporar la dimensión social, la información a nivel de paisaje y los co-beneficios de los manglares para destacar su contribución local y regional a la mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático.

Palabras clave: *métodos de evaluación, almacenes y captura, manglares, carbono azul, Celestún.*

5.16. Almacenes de carbono en suelos de manglares bajo diferentes condiciones: Ciénega de Progreso y El Playón RBSK.

Cortés-Esquivel José L.^{1*}; Canul-Cabrera J. Andrés¹; Herrera-Silveira Jorge A.¹; Quintana-Owen Patricia² y Teutli-Hernández Claudia³.

¹ Departamento de Recursos del Mar, Laboratorio de Producción Primaria, Cinvestav Unidad Mérida, Km 6, Antigua Carretera Mérida-Progreso, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México.

² Departamento de Física Aplicada, Laboratorio Nacional de Nano y Biomateriales (LANNBio), Cinvestav Unidad Mérida, Km 6, Antigua Carretera Mérida-Progreso, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México.

³ ENES Unidad Mérida, Ucu, Yucatán, 97357, Mérida, Yucatán, México.

*Autor de correspondencia: Josel.cortes@cinvestav.mx

Resumen

Los manglares representan uno de los almacenes más importantes de carbono de las costas tropicales en el mundo. Al localizarse en zonas cercanas a la costa son amenazados por la deforestación y cambio de uso de suelo para actividades antrópicas (acuacultura, desarrollo urbano), con lo que se degradan y pierden la capacidad de capturar y almacenar carbono. El objetivo es, determinar el almacén de carbono en suelos de dos sitios de manglar en la Península de Yucatán (Ciénega de Progreso, Yucatán y El Playón RBSK, Quintana Roo), bajo diferentes condiciones (conservado, degradados y en restauración) para evaluar el éxito de las acciones de restauración a través de los cambios en el almacén de carbono. Se realizaron análisis fisicoquímicos como: salinidad intersticial, densidad aparente, materia orgánica, carbono orgánico, carbono inorgánico y el almacén de carbono. Los resultados mostraron que la salinidad intersticial decreció en las zonas en restauración hasta valores cercanos a los del manglar conservado. El manglar degradado de Progreso registro una pérdida de aproximadamente 140 Mg C ha⁻¹ con respecto al manglar conservado; mientras que El Playón un promedio de 300 Mg C ha⁻¹, pasando de sumideros a emisores de C. Sin embargo, gracias a las acciones de restauración se ha logrado revertir el proceso de degradación observándose la recuperación de la capacidad de captura y almacén carbono. La restauración ecológica en los sitios de estudio por rehabilitación hidrológica tiene efecto positivo, registrándose disminución de la salinidad intersticial, lo que contribuyó a la recuperación de la vegetación, reflejándose en el incremento del almacén de carbono subterráneo.

Palabras clave: *suelos de manglar, sumideros de carbono, almacén de carbono, restauración ecológica.*

5.17. Almacenamiento de nutrientes en suelo de manglares: influencia de la zona urbana y de la especie.

Santana-Pérez Virginia¹; Chávez-Vergara Bruno M.²; Pech Daniel¹; Bravo-Monzón Ángel E.³; García-Oliva Felipe⁴; Santana-Pérez Pauline¹; Solís-Chan María J.¹ y Montiel-González Cristina^{1,*}

¹ Laboratorio BIOMARCCA, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche, Av. Rancho Polígono 2-A Col. Ciudad industrial, CP 24500 Lerma, Campeche, México.

² Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Ciudad de México CP 04500, México.

³ Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, Sahuayo, Michoacán, México.

⁴ Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, CP 58190, Morelia, Michoacán, México

* Autor de correspondencia: cristina.montiel@ecosur.mx

Resumen

En el contexto actual de cambio global, los manglares han sido reconocidos por su capacidad para almacenar carbono orgánico, especialmente en el suelo. Las especies vegetales que habitan estos ambientes presentan adaptaciones únicas para soportar condiciones extremas, y cada especie tiene capacidades para el uso, transporte y almacenamiento de nutrientes como el carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P). Resulta relevante realizar estudios que consideren la influencia humana sobre los ecosistemas naturales y que analicen la variación de los almacenes de nutrientes bajo dicha presión. Los resultados obtenidos mostraron comportamientos diferentes según el nutriente analizado. Para el caso del almacén de Corg en suelo a 20 cm, sin importar la cercanía a la zona urbana *Avicennia germinans* fue mayor que en *Rhizophora mangle*. El Carbono inorgánico, NT y PT mostraron una influencia en la cercanía a la zona urbana con valores más altos, evidenciando un gradiente en el cual, el almacenamiento disminuyó conforme se pronunciaba la distancia a la zona urbana. Lo cual podría explicarse por el aporte de externo posiblemente asociado a actividades humanas y a la presencia de sustrato más inorgánico producto de la erosión del suelo.

Palabras clave: *almacenes de nutrientes; carbono azul; concentración de nutrientes; Rhizophora mangle; Avicennia germinans*

Sección 6

ECOSISTEMAS MARINOS



6.1. Estimación preliminar de pCO₂ superficial en el Golfo de México con una red neuronal con regularización bayesiana (BNNR): desempeño, incertidumbre e implicaciones.

Coronado-Álvarez L. de Lourdes A.^{1,*} y Hernández-Ayón J. Martín¹

¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Ensenada, México.

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

Resumen

El Golfo de México presenta observaciones limitadas del sistema carbonato pese a su dinámica marcada por la Corriente de Lazo y remolinos anticiclónicos. Se aplicó una **red neuronal con regularización bayesiana (BNNR)** para estimar la pCO₂ superficial (µatm) integrando predictores históricos y satelitales, y se validó con mediciones independientes en la región central oceánica. Se reconstruyó un flujo reproducible con partición **70/30** (entrenamiento/validación), **estandarización z-score** y **sintonía** de hiperparámetros (5–10 neuronas; 200–1000 épocas). El conjunto final de entrada incluyó **SSS, densidad potencial (ρ), SST, mes, DIC, latitud y TA**. La mejor configuración (10 neuronas) alcanzó **R² ≈ 0.98** y **MSE ≈ 16.44 µatm²** (**RMSE ≈ 4 µatm**); la incertidumbre media del ensamble fue ≈ **0.279**. El análisis de importancia (tipo Garson) indicó contribuciones dominantes de **SSS (39.6%), ρ (37.2%) y SST (19.9%)**, seguidas por mes (1.8%), DIC (1.0%), latitud (0.3%) y TA (0.2%). Los diagnósticos mostraron dispersión observada–predicha cercana a la 1:1, **heterocedasticidad débil y pocos outliers**; espacialmente, la banda modelada fue más angosta que la observada (ligero *shrinkage*). Dado que **TA/DIC** estuvieron presentes, el modelo emula en gran medida el equilibrio del sistema carbonato; se discuten implicaciones frente a enfoques “solo satélite”, adecuados para operación pero con mayor error. Este trabajo proporciona una referencia metodológica para mapear pCO₂ en el GoM y deja documentado el flujo para réplica y extensión.

Palabras clave: *datos satelitales, machine learning, validación, sistema de carbonatos*

6.2. Carbono celular de las parmales (Bolidophyceae, Heterokontophyta): aporte fitoplanctónico en el norte del Pacífico mexicano

Guzmán-Santos Nazaria L.^{1,2,*} y Hernández-Becerril David U.²

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: lgs.bio12@gmail.com

Resumen

El picoplancton, aunque presenten tallas muy pequeñas ($< 3 \mu\text{m}$), representa una fracción importante del fitoplancton marino. Uno de los grupos menos estudiados es el de las parmales, un grupo silíceo del fitoplancton marino relacionado filogenéticamente con las diatomeas. Algunos estudios a nivel mundial analizan la biomasa fitoplanctónica con respecto al biovolumen, el cual es útil para estimar carbono celular. En el Pacífico mexicano, existen estudios sobre las comunidades fitoplanctónicas y abundancias de algunas especies realizados, sin embargo, pocos son los estudios que hacen referencia a las parmales y ningún estudio relaciona su presencia con biovolumen y carbono celular. El presente trabajo presenta una estimación del aporte de carbono celular originado por las parmales. Para el presente trabajo, se colectaron muestras de fitoplancton en una estación de las costas occidentales de la península de Baja California (BC) y en una estación en el sur del Golfo de California a bordo del B/I “Dr. Jorge Carranza Fraser” (IMIPAS), en septiembre-octubre de 2020 y mayo-junio de 2022. Se filtraron 3 L de agua en la profundidad del máximo de Clor *a* (PMC). Para la identificación y cuantificación de especies se utilizaron microscopio electrónico de barrido (MEB). Se calculó la abundancia, el biovolumen (con ecuaciones de cuerpos geométricos conocidos) y el carbono celular. Se reconocieron hasta ocho especies de parmales: *Tetraparma insecta*, *Triparma laevis* f. *mexicana*, *Triparma retinervis* subsp. *crenata*, *Triparma retinervis* f. *tortispina*, *Triparma retinervis*, *Triparma columacea*, *Triparma laevis* f. *fusiformis* y *Triparma columacea* f. *columacea*. Además, se registró la presencia de una posible especie nueva. La mayor abundancia la registró *Tetraparma insecta* (1.37×10^5 céls L^{-1}) en el sur del Golfo de California, mientras que el mayor biovolumen lo registró la posible especie nueva (3.08×10^7 céls L^{-1}), así como el mayor aporte de carbono celular (3.41×10^5 pg C L^{-1}), registrada en la costa occidental de la península de BC. Además, se observó que la distribución de las parmales se encuentra relacionada a las capas subsuperficiales dentro de la columna de agua.

Palabras claves: *abundancia, aporte de carbono celular, fitoplancton, Pacífico mexicano, parmales, picoplancton.*

6.3. Distribución espacial de biomasa zooplanctónica en el Golfo de Tehuantepec, y su relación con la hidrografía durante julio de 2009.

Antonio López-Serrano^{1,3*}; Martínez-Santos Heber Dalí¹; Hernández-Hernández Octaviano²; Chapa-Balcorta Cecilia^{1,3}; Leal-Acosta María Luisa¹; Alfonso Guerra-Mendoza^{1,3} y Carnero Bravo, Vladislav^{1,3}

¹ Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel. Km 1,5 Carretera Puerto Angel-Zipolite, San Pedro Pochutla, Oax., México C.P. 70902.

² Estación de Investigación Oceanográfica de Salina Cruz, Secretaría de Marina. Calle Progreso s/n esq. Av. Ferrocarril. Col. Cuauhtemoc, Salina Cruz, Oax. 70660.

³ Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, Carrera de Oceanología.

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

Resumen

Se analizó la distribución espacial de la biomasa zooplanctónica en el Golfo de Tehuantepec (GT), y su relación con la hidrografía en julio (verano) de 2009. Los datos fueron colectados a bordo del buque “Altair” B1-03, en la campaña oceanográfica CHIS-COYVER-02-09, (Secretaría de Marina-Universidad del Mar). Se realizaron muestreos mediante arrastres horizontales superficiales (red Calcofi, malla 200 μm), y oblicuos (redes Bongo, mallas 390 y 500 μm). Las mayores concentraciones de biomasa (435.7 a 508.1 $\text{g} \cdot 100 \text{m}^{-3}$) se registraron en la porción oriental del GT (región costera de Chiapas) y las menores en la región oceánica de Oaxaca. Para las estaciones costeras, las profundidades de termoclina, haloclina y pycnoclina se presentaron entre los 10 y 15 m, mientras que para las estaciones oceánicas se presentaron aproximadamente a 30 m. La temperatura, salinidad y densidad superficiales promedio (\pm DE) fueron de 30.6 °C (\pm 0.58), 33.3 ups (\pm 0.49) y 20.2 Kg m^{-3} (\pm 0.60) y para las oceánicas de 29.4 °C (\pm 0.72), 33.7 ups (\pm 0.24) y 21 $\text{Kg} (\pm 0.18) \text{m}^{-3}$. No hubo diferencias significativas entre la biomasa recolectada con los tres tipos de redes ($H_{(2, 72)} = 0.32$; $p > 0.05$), así como entre tipos de lance ($H_{(1, 72)} = 0.75$; $p > 0.05$). Asimismo, se encontró una correlación negativa entre salinidad y distribución de la biomasa zooplanctónica ($r = -0.62$, $p < 0.05$). Los resultados sugieren condiciones generales de baja producción secundaria para el Golfo de Tehuantepec durante esta temporada.

Palabras clave: *oceanografía biológica, producción secundaria, gradientes.*

Sección 7

ECOSISTEMAS TERRESTRES



7.1. Factores de expansión de biomasa aérea para tres especies de encino en la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México.

Cortes-Sánchez Bossuet Gastón^{1,3,*}; Ángeles-Pérez Gregorio^{1,*}; de los Santos-Posadas Héctor M.¹; Ordóñez-Prado Casimiro² y Guerra-de la Cruz Vidal³

¹ Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco, Km 36.5. C.P. 56264. Montecillo Texcoco, Estado de México, México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Martinito, C.P. 74103, Km. 56, Carretera Federal México-Puebla, San Martinito, Tlahuapan, Puebla.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Sitio Experimental Tlaxcala, C.P. 90800, Km. 2.5 Carretera Tlaxcala-Santa Ana Chiautempan, Tlaxcala.

* Autor para correspondencia: cortes.bossuet@inifap.gob.mx

Resumen

La gestión sostenible de los recursos forestales depende de la mejora continua y la actualización de modelos matemáticos que proporcionen información detallada sobre sus bienes y servicios. El objetivo fue generar factores de expansión de biomasa específicos FEB para tres especies de encino de la Sierra de Santa Rosa en el estado de Guanajuato. Se generaron FEB por componente estructural (fuste, ramas y follaje) y se ajustó un sistema de ecuaciones aditivo para estimar biomasa total, a partir del volumen observado de 89 árboles. Se evaluó el desempeño de los modelos mediante validación cruzada a través del error absoluto promedio (EAP) y el error absoluto promedio porcentual (EAPP), también se empleó el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}), la raíz del cuadro medio del error (RCME). Se cosecharon individuos de diferentes categorías diamétricas (entre 4.8 y 48.6 cm de diámetro normal). Para los encinos de la zona se estimó que el mayor porcentaje de biomasa se concentró en el fuste con 61.7% mientras que en las ramas y el follaje presentó 34.7 y 3.4% respectivamente. Los FEB explicaron entre 96.7% y 98.3% de la variabilidad de biomasa en especies de encino. Respecto a los componentes estructurales mostraron R^2_{adj} entre 0.94 y 0.97 para el fuste, entre 0.71 y 0.94 para ramas, y entre 0.3 y 0.95 para follaje. Los FEB generados tienen buenos parámetros de ajuste. Los FEB de este estudio pueden usarse en la región y en áreas con características similares a los bosques de la Sierra de Santa Rosa.

Palabras clave: *manejo forestal; modelos alométricos; componente estructural*

7.2. Dinámica de carbono espacialmente explícita de un paisaje forestal en el centro de México.

Cortes-Sánchez Bossuet G.^{1,3}; Ángeles-Pérez Gregorio^{1,*}; de los Santos-Posadas Héctor M.¹; Valdez-Lazalde José R.¹ y Soriano-Luna María de los Ángeles²

¹ Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco, Km 36.5. C.P. 56264. Montecillo Texcoco, Estado de México, México.

² Comisión Nacional Forestal. Periférico Poniente 5360, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Sitio Experimental Tlaxcala, C.P. 90800, Km. 2.5 Carretera Tlaxcala-Santa Ana Chiautempan, Tlaxcala.

*Autor para correspondencia: gangeles@colpos.mx

Resumen

La contabilización de las reservas de carbono forestal y sus cambios es esencial para comprender e influir en la trayectoria del cambio global. Este estudio muestra los resultados de la evaluación de los almacenes y flujos de carbono (C) en un paisaje forestal del centro de México. El objetivo fue modelar la dinámica de carbono en bosques bajo gestión forestal maderable y obtener una representación espacialmente explícita de su dinámica mediante el Modelo de Balance de Carbono Genérico (GCBM). Se evaluó la gestión forestal actual del área de estudio a través del Método de Desarrollo Silvícola (MDS) en dos escenarios: el primero, con un turno de 40 años para cada rodal bajo manejo en el paisaje forestal, abarcando el periodo de 1982 a 2053 (MDS-1T), y el segundo escenario, considerando dos turnos, durante el periodo de tiempo de 1982 a 2093 (MDS-2T). La simulación se realizó para un periodo de 120 años, de 1980 a 2100. Los resultados mostraron que el paisaje forestal comenzó con un almacén de C en biomasa de 101.5 Mg ha⁻¹. Durante los primeros años de gestión forestal, el C en biomasa disminuyó hasta 72.9 Mg ha⁻¹ en el año 1998. A partir de este año, los almacenes de C se mantuvieron con un promedio de 91.21 Mg ha⁻¹ (± 6.5) hasta el final del periodo de gestión forestal. Por otro lado, la fijación neta de carbono durante el periodo de gestión promedió 0.81 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (± 0.5) contemplando las actuales actividades de gestión forestal maderable en el área de estudio (MDS-2T).

Palabras clave: *flujos de carbono; modelizado; bosques templados; prácticas silvícolas*

7.3. Los Leptosoles como reservorios de carbono en Quintana Roo.

Fragoso-Servón Patricia^{1,*}; Pereira-Corona Alberto¹ y Prezas-Hernández Benito¹

¹ Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo. Boulevard Bahía s/n esquina Ignacio Comonfort Colonia Del Bosque. CP. 77019. Chetumal, Quintana Roo.

* Autor para correspondencia: pfragoso@uqroo.edu.mx

Resumen

De los 32 grupos de suelo que reporta la WRB los Leptosoles son el grupo que ocupa mayor superficie a nivel mundial, nacional y estatal. En Quintana Roo ocupan el 49% del territorio, sobre de ellos se desarrollan diversos tipos de selvas bajas y medianas en buen estado de conservación, sin embargo, estos suelos frecuentemente son subestimados debido a sus características de poca profundidad y/o alta pedregosidad y es por estas características que emergen como actores relevantes en la dinámica del carbono orgánico en la zona cálida y kárstica de Quintana Roo. El objetivo de la presente investigación fue determinar los contenidos de Carbono orgánico en los Leptosoles asociados a las coberturas vegetales mejor conservadas en Quintana Roo. Se identificaron 45 sitios de muestreo y las muestras obtenidas se analizaron siguiendo la NOM 021. Los resultados obtenidos muestran que los Leptosoles se encuentran presentes en 6 tipos de vegetación, tienen los segundos contenidos medios más altos de carbono orgánico en su perfil con 11%, presentan la mayor varianza y ocupan el lugar 11 de 14 en cuanto a masa acumulada con 60.5 MgHa⁻¹. Sus propiedades físicas no los hace aptos para las actividades agrícolas y ganaderas y la pérdida de vegetación, del aporte continuo de hojarasca aunado a alta precipitación en el estado los vuelve poco fértiles rápidamente, por ello, es importante que conserven la vegetación lo que los hace ideales para actividades forestales de especies nativas, para conservación y por supuesto como importantes reservorios de carbono.

Palabras clave: *suelos; karst; WRB; vegetación; Península de Yucatán*

7.4. Factores climáticos y edáficos predictores de la variación espacio-temporal del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) en los bosques tropicales secos de México.

Tobón-Niedfeldt Wolke^{1,2}; Bretherick Emma^{3,*}; Rodríguez-Tapia Gerardo³; Arroyo-Cruz Carlos⁴; Guevara-Santamaria Mario⁴; Lindig-Cisneros Roberto¹ y Campo-Alves Julio³

¹ Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Morelia, México.

² Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Ciudad de México, México.

³ Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México.

⁴ Instituto de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Juruquilla, México.

* Autor para correspondencia: emmab@ecologia.unam.mx

Resumen

Los bosques tropicales secos (BTS) representan más del 40% de los bosques tropicales globales, desempeñando un papel crucial en el ciclo global del carbono y la regulación del clima debido a su elevada productividad y capacidad de almacenar carbono en la vegetación y el suelo. En México, los BTS se distribuyen a lo largo de las costas del Pacífico, las tierras bajas del interior y la península de Yucatán. Este estudio analiza, a escala nacional, las relaciones entre el Índice de Vegetación Mejorado (EVI, sensor MODIS, 500m, 2000-2024) —un indicador de productividad primaria— con variables climáticas y edáficas, en ocho ecorregiones de BTS. Se utilizaron series de tiempo anuales del EVI, variables climáticas y mapas de suelo (pH, textura, carbono orgánico y capacidad de intercambio catiónico de 0-100 cm). Los análisis incluyeron ANOVAs o equivalentes no paramétricos, análisis de componentes principales (PCA) y árboles de regresión en R Studio. La península de Yucatán presentó los valores de EVI anual más altos (0.495), seguido de Tamaulipas (0.441), Pacífico Sur (0.427) y Chiapas (0.409); los más bajos correspondieron a Baja California (0.262), Bajío (0.294), Mega Sonora (0.314) y Balsas (0.339). Los tres primeros componentes principales explicaron en conjunto el 62% de la varianza total. El EVI se correlacionó positivamente con la evapotranspiración (EVT) y la precipitación, y negativamente con la temperatura. El análisis de árboles de regresión identificó un umbral térmico crítico: cuando la temperatura del trimestre más cálido supera los 38 °C, la EVT es el principal predictor del EVI. Por debajo de este umbral, la productividad depende de propiedades del suelo como el carbono orgánico y el pH. Estos hallazgos proporcionan un marco científico para comprender los predictores de la productividad en los BTS de México a escala regional y nacional, así como su sensibilidad al cambio climático en curso.

Palabras clave: *percepción remota, MODIS, productividad primaria, predicción, clima, suelos*

7.5. Sumideros bajo presión: El impacto de las sequías en los almacenes y flujos de carbono en México (2000-2019).

Sierra-Pérez Vicente A.^{1,2,*} y Murray-Tortoralo Guillermo N.²

¹ Escuela Nacional de Estudios Superiores UNAM Unidad Morelia,

² Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad.

*Autor de correspondencia: aldairsp96@gmail.com

Resumen

El cambio climático ha intensificado la frecuencia e intensidad de las sequías a nivel global, afectando procesos, tales como el ciclo del carbono. En México, estos eventos representan una amenaza importante para la capacidad de los ecosistemas terrestres de actuar como sumideros de carbono. Este estudio evalúa el impacto de las sequías en los flujos y almacenes de carbono entre el 2000 y 2019, utilizando datos de 19 modelos dinámicos de vegetación global (TRENDY v9) y registros climáticos (CRU TS 4.08). Se analizaron variables como la producción primaria bruta (GPP por sus siglas en inglés), neta (NPP), respiración heterótrofa (RH), intercambio neto del ecosistema (NEE) y producción neta del bioma (NBP), considerando diferencias entre el promedio del periodo y años secos (2001, 2009 y 2011). En condiciones normales, México presentó un GPP promedio de 2138 ± 143 TgC/año y un NBP de 22 ± 60 TgC/año, lo que lo posiciona como un ligero sumidero de carbono. Sin embargo, durante años secos, GPP y NPP disminuyen un 8.1% y 10% respectivamente, mientras que el NBP se redujo a -47 ± 47 TgC/año, transformando al país en una fuente de carbono. Los resultados espaciales muestran que las mayores reducciones en captura de carbono ocurrieron en regiones tropicales y subtropicales del sureste, mientras que zonas áridas del norte del país mantuvieron su papel como fuentes de carbono. Las correlaciones evidenciaron que la precipitación y la humedad son los principales controladores de la productividad y del balance de carbono, mientras que la temperatura elevada y la evapotranspiración intensifican las pérdidas de C. Estos hallazgos confirman que las sequías severas pueden anular temporalmente la función de sumidero de los ecosistemas mexicanos, lo que resalta la urgencia de estrategias de manejo que fortalezcan la resiliencia ecológica.

Palabras clave: *cambio climático, sequía, ciclo del carbono, sumideros de carbono, NBP, México.*

7.6. Impacto de sequías en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero por incendios en México.

Comonfort-Galindo Isaac^{1, 2,*}; Pérez-Salicrup Diego²; Serrano-Medrano Montserrat² y Murray-Tortarolo Guillermo²

¹ Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, Sede Morelia

² Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM Campus Morelia.

*Autor para correspondencia: igoalindo@cieco.unam.mx

Resumen

La incidencia y magnitud de los incendios forestales ha aumentado en las últimas décadas como consecuencia directa del cambio climático (CC). Con ello también han aumentado las emisiones forestales de Gases de Efecto Invernadero (GEI). El gran motor global parecen ser las sequías, sin embargo, en regiones como México esta interacción sigue siendo poco estudiada. Utilizando datos globales de GFED y nacionales de CONAFOR, analizamos la relación entre el clima (precipitación y temperatura) y las emisiones de GEI por incendios forestales durante el periodo 2002-2022 en diversos tipos de coberturas, particularmente en años secos (2009, 2011, 2020). Encontramos que las emisiones anuales de CO₂ promedian 312 miles toneladas. En 2009 se registraron 348 miles de toneladas, en 2011 aumentaron a 437 y para 2020 disminuyeron a 296. En otras palabras, durante años secos se da un aumento de 16% en las emisiones de CO₂ en promedio. Las coberturas como pastizales, sabanas y matorrales representaron el 72% de las emisiones totales de CO₂. Asimismo, encontramos que la baja precipitación presenta una relación directa con la cantidad de emisiones de GEI. Esto subraya la urgencia de buscar estrategias de manejo forestal para reducir los impactos de los ecosistemas en los periodos de sequía.

Palabras clave: *manejo del fuego; estimaciones de GEI; enfoque multiescalar*

7.7. Aridez y vegetación en Sonora: Potenciales implicaciones ecológicas en el almacenamiento de carbono en un contexto de cambio climático.

Casillas-López Miriam A.^{1,*}; Vega-Puga Masuly G.¹; Sánchez-Mejía Zulia M.¹ y Elías González-Castro Francisco A.¹

¹ Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, 5 de febrero 818 sur, Cp. 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México.

*Autor para correspondencia: miriam.casillas217439@potros.itson.edu.mx

Resumen

Este estudio analiza la dinámica de aridez y cobertura vegetal en el estado de Sonora entre 2000-2020, con el fin de evaluar sus potenciales implicaciones ecológicas en el almacenamiento de carbono bajo un contexto de cambio climático. A partir de datos de transiciones de uso del suelo provenientes de CONABIO y clasificación climática basada en el índice de Martonne con datos de WorldClim, se identifican cambios significativos en la distribución de zonas áridas e hiperáridas, así como en la cobertura vegetal. Entre 2000-2020, las áreas hiperáridas aumentaron de 134,989 ha a 249,207 ha, lo que representa una expansión del 84.6%. Se observaron pérdidas importantes de vegetación con alto potencial de secuestro de carbono, como el Bosque de Encino y la Selva Baja Caducifolia, principalmente hacia agricultura y pastizal. En contraste, se detectó regeneración natural en más de 220,000 ha, principalmente en tierras agrícolas abandonadas que transicionaron a mezquital y vegetación secundaria. Aunque no se cuantificó el carbono directamente, se utilizaron proxies ecológicos para estimar que la pérdida de vegetación nativa podría haber provocado liberación de carbono. Los resultados indican que la intensificación de la aridez y la transformación del uso del suelo reducen el potencial de secuestro, mientras que la regeneración pasiva representa una oportunidad clave para la restauración ecológica y la mitigación del cambio climático.

Palabras clave: *uso del suelo; secuestro de carbono; cobertura vegetal.*

7.8. Estrés abiótico en cultivos perennes en Costa de Hermosillo México.

Rodríguez Julio C.^{1,*}; Gámez-Lucero José A.²; Castellanos-Villegas Alejandro³; Yépez-González Enrico⁴; Peralta-Duarte Gonzalo¹; Hinojo-Hinojo Cesar³; Cruz-Bautista Fidencio¹ y Renteria-Martínez María E.¹

¹ Departamento de Agricultura y Ganadería (DAG), Universidad de Sonora, Luis Encinas SN, 83000, Hermosillo, México.

² Fundación Pro Investigación Agrícola del Estado de Sonora (FIAES). Calle Adalberto Truqui y Campeche (83188) Hermosillo, México.

³ Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICTUS), Universidad de Sonora, Luis Encinas SN, 83000, Hermosillo, México.

⁴ Departamento de Ciencias de Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, 85000, Cd Obregón México.

*Autor para correspondencia: julio.rodriguez@unison.mx

Resumen

El cambio climático está afectando todos los ecosistemas, dentro de ellos, los agroecosistemas están presentando un mayor impacto. Aunado al cambio climático el incremento en los insumos y la crisis de disponibilidad de agua en las zonas áridas, podrían reducir valles agrícolas y posiblemente su desaparición. El estrés abiótico originado por alta temperatura del aire, sequía y salinidad de suelo o agua, están reduciendo la productividad y rentabilidad de la agricultura en la Costa de Hermosillo. En este sentido, se han iniciado una serie de experimentos en la región para evaluar el consumo de agua, secuestro de carbono, y la introducción de nuevos cultivares perennes para entender el impacto del cambio climático en la agricultura intensiva. En vides, en el cultivar flame se ha observado una importante ganancia y reducción de carbono (NEE) en primavera y verano respectivamente. Esta reducción es motivada por el efecto de la alta temperatura y reducción del riego que produce quemado del follaje. Durante el periodo de estrés muestra un incremento en el déficit de presión de vapor (DPV), incremento de la temperatura del follaje (Thoja) y reducción de la conductancia estomática (gs). Por otro lado, el nogal pecanero muestra un comportamiento similar, una ganancia de NEE durante primavera y reducción durante el otoño. Durante el verano 2025 se observó un periodo de estrés por sequía, presentando temperatura del follaje cercana a los 50°C, DPV >9.0 kPa, reducción de gs ~ 50%, del rendimiento cuántico máximo PSII (Fm/Fv), y del rendimiento fotoquímico operacional ϕ_{PSII} . Esta situación crítica produjo un importante quemado de follaje y fruto, reduciendo la calidad y productividad del cultivo. Esto podría indicar que el incremento de ondas cálidas en esta región tendrá un serio efecto en los cultivos perennes al reducir su productividad y viabilidad en el corto plazo.

Palabras clave: *flujos de carbono; zonas áridas; temperatura de follaje; conductancia estomática; eficiencia fotosintética.*

7.9. Efecto del manejo de trigo sobre la disponibilidad de carbono en suelos agrícolas.

Olivas-Castillo Claudia^{1,*}; Chávez-Vergara Bruno^{2,3}; Beltrán-Paz Ofelia²⁻³; Sánchez-Mejía Zulia¹; Garatuza-Payan Jaime^{1,2}; Rodríguez-Ramírez Roberto¹ y Yépez- González Enrico^{1,2}

¹ Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818, Centro, 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México.

² Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán. 04360 México, Ciudad de México.

³ Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán. 04360 México, Ciudad de México.

*Autor para correspondencia: Claudia.o0630@gmail.com

Resumen

La producción agrícola del trigo en México es fundamental debido a su importancia alimentaria y económica. En los sistemas de producción de trigo prevalece el manejo agrícola intensivo, el cual está caracterizado por “momentos críticos” (MC); periodos de entradas importantes de recursos como agua y/o fertilizante. Los MC, tiene una serie de efectos negativos sobre el suelo y algunos indicadores de la fertilidad y calidad del suelo. El carbono orgánico disuelto (COD) y carbono de la biomasa microbiana (BM-C) son parte de la fracción de carbono disponible en los suelos agrícolas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del manejo intensivo de trigo sobre la disponibilidad de carbono en suelos agrícolas del Valle del Yaqui. Durante los MC un ciclo agrícola de trigo. La BM-C presentó diferencias significativas entre las etapas fenológicas de embuche y espigado, mientras que COD presentó diferencias significativas en etapas de pre-siembra, macollamiento y encañe. Los cambios en la BM-C y COD a través de la fenología del cultivo durante los MC, variaron entre 85.67 $\mu\text{g C g}^{-1}$ y 295.50 $\mu\text{g C g}^{-1}$ para BM-C. Mientras que para COD los rangos fueron entre 3.05 $\mu\text{g C g}^{-1}$ y 142.43 $\mu\text{g C g}^{-1}$. Estas diferencias se pueden atribuir al desarrollo de las raíces del cultivo, las cuales interactúan con el crecimiento y las funciones microbianas, provocando cambios en la disponibilidad del carbono. Este estudio sugiere que los MC derivados del manejo agrícola tienen un impacto en la disponibilidad de carbono en los suelos.

Palabras clave: *biomasa microbiana; carbono orgánico disuelto; etapas fenológicas momentos críticos.*

7.10. Análisis de la heterogeneidad isotópica intra-anual entre poblaciones de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

Hernández-Aguilera Rubí G.^{1,*}; Beramendi-Orosco Laura E.^{2,3,*}; Szejner Paul⁴; Cienfuegos-Alvarado Edith^{2,3}; Otero-Trujano Francisco J.^{2,3} y González-Hernández Galia^{3,5}

¹ Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM, Unidad de Posgrado, Ciudad Universitaria, 04510, CDMX, México.

² Instituto de Geología, UNAM, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510, CDMX, México.

³ Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, UNAM, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510, CDMX, México.

⁴ Natural Resources Institute Finland, Bioeconomy and environment/Ecosystems and modelling, Finland.

⁵ Instituto de Geofísica, UNAM, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510, CDMX, México.

*Autoras para correspondencia: pinophyta1.0@gmail.com y laurab@geologia.unam.mx

Resumen

Los efectos y la frecuencia de las sequías en México se han estudiado mediante dendrocronología con resolución anual utilizando ancho de anillos de árboles. Sin embargo, aún es necesario explicar la influencia de las variaciones meteorológicas estacionales en el crecimiento y asimilación del carbono de los árboles a escala intra-anual. Recientemente se han estudiado los cambios en la composición isotópica de carbono en anillos de crecimiento a escala intra-anual para estudiar la respuesta fisiológica de las plantas a las variables climáticas a lo largo de la época de crecimiento. *Pseudotsuga menziesii* es una especie de interés por su sensibilidad a los cambios ambientales y cómo quedan registrados a lo largo de su crecimiento, tanto en la anatomía de los anillos como en la composición isotópica de la madera. En esta investigación se analizaron las composiciones isotópicas de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) en α -celulosa extraída de tres fracciones de anillos de crecimiento de *Pseudotsuga menziesii* de dos sitios con climas contrastantes, en Coahuila y Durango. Los anillos de cinco ejemplares del período 1976-2021, se seccionaron en tres segmentos: madera temprana 1, madera temprana 2 y madera tardía. Estas observaciones intra-anales de $\delta^{13}\text{C}$ se contrastan entre sí y con las variables meteorológicas para entender la respuesta de los árboles a los cambios en las condiciones ambientales durante la temporada de crecimiento. Además, en años específicos, se midieron las concentraciones de radiocarbono en los tres segmentos intra-anales con el objetivo de comprender mejor la temporalidad de la asimilación de carbono y la formación de celulosa.

Palabras clave: *isótopos estables; celulosa; radiocarbono; dendrocronología; norte de México.*

7.11. Estado de áreas verdes urbanas de una localidad árida-semiárida: rumbo al establecimiento de ecosistemas urbanos sostenibles.

Vega-Puga Masuly G.^{1,*}; Garatuza-Payán Jaime^{1,2}; Elías González-Castro Francisco A.¹; Casillas-López Miriam A.¹; Romo-León José R.¹ y Yépez Enrico A.^{1,2}

¹ Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, 5 de febrero 818 sur, Cp. 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México

² Laboratorio Nacional CONAHCYT-MexFlux (LNC-MexFlux), 5 de febrero 818 sur, Cp. 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México

³ Universidad de Sonora, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Hermosillo, Sonora, México.

*Autor para correspondencia: mazuly_88@hotmail.com

Resumen

Los ecosistemas urbanos dependen de sus áreas verdes, debido a los múltiples bienes y servicios ecosistémicos que sus habitantes reciben, como el almacenamiento de carbono. Los ecosistemas urbanos en regiones áridas y semiáridas serían beneficiados si sus áreas verdes estuvieran representadas con la vegetación de los ecosistemas naturales de la región. Para tomar decisiones informadas y eficientes sobre el diseño y manejo de áreas verdes para usarlas como soluciones climáticas naturales, es necesario conocer su estado y composición, siendo importante el estrato arbóreo y sus especies dominantes, las cuales, tienen mayor capacidad de almacenar carbono. Este trabajo tuvo como objetivo analizar el estado y la composición de los árboles de un área verde pública de Ciudad Obregón, Sonora, para contribuir a la generación de información sobre el estado de las áreas verdes públicas y su capacidad de almacenar carbono. Se identificaron 42 especies de 1234 individuos, de esta vegetación, se encontró que el 4.13 % de los individuos están secos o con algún tipo de plaga (en general el estado de la vegetación es sano). Las especies dominantes, fueron *Terminalia buccaras*, *Azadirachta indica* y *Ficus microcarpa*, las cuales dominan más del 40 % de esta área verde pública y en conjunto, almacenan 59.02 t ha⁻¹. Es evidente que las especies de la región no son valoradas y no se tiene una idea concreta de los múltiples servicios ecosistémicos que se están perdiendo.

Palabras clave: *Noroeste de México; estrato arbóreo; almacén de carbono.*

7.12. Síntesis de respiración de suelo en bosques de México.

Mendoza-Santos María de la Luz^{1,2}; Alvarado-Barrientos María S.^{2,3}; Aryal Deb R.⁴; Andrade José L.⁵; Flores-Rentería Dulce^{2,6}; González del Castillo María E.^{2,7}; Mendoza-Vega Jorge⁸; Montiel-González Cristina^{2,8}; Tarin Tonantzin^{2,9}; Vargas Rodrigo¹⁰; Vargas-Terminel Martha L.^{2,11}; Villanueva-López Gilberto¹; Yépez Enrico A.^{2,11} y Cueva Alejandro^{1,2}

¹ El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa.

² Laboratorio Nacional CONAHCyT - MexFlux

³ Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología A.C.

⁴ Secretaria de Ciencia Humanidades Tecnología e Innovación (SECIHTI) - El Colegio de la Frontera Sur, Campeche.

⁵ Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán.

⁶ SECIHTI - Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Saltillo.

⁷ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México.

⁸ El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche.

⁹ Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City 04510, México.

¹⁰ School of Life Sciences, Arizona State University, Tempe, Arizona, 85287, USA

¹¹ Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora.

*Autor para correspondencia: maria.mendoza@posgrado.ecosur.mx

Resumen

La respiración del suelo (R_s) es el flujo de dióxido de carbono (CO_2) entre el suelo y la atmósfera, solamente superado en magnitud por la productividad primaria bruta. En México, existen estudios de R_s realizados *in situ*, por lo que, es necesario realizar compilación e integración de esta información para realizar síntesis de conocimiento basadas en datos. Este estudio tuvo como objetivo: i) hacer una compilación e integración de las mediciones de R_s y ii) caracterizar los controles ambientales (i.e., humedad y temperatura de suelo) de la R_s en bosques de México. Se realizaron búsquedas en diferentes bases de datos científicas de publicaciones nacionales e internacionales para contribuir a la base de datos de R_s de México, denominada Mexflux-S. Se encontraron 17 investigaciones desde 1999 hasta 2023 en 33 sitios de estudio, acumulando 503 meses de observaciones en bosques de México. La tasa de R_s general de los bosques de México fue de 5.19 ± 4.6 (promedio \pm desviación estándar, $\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$), para bosques de coníferas y encinos fue de 7.68 ± 5.87 ($N = 255$), para bosques mesófilos de montaña fue de 3.89 ± 0.36 ($N=2$), para bosques tropicales caducifolios fue de 2.78 ± 2.45 ($N=122$), para bosques tropicales perennifolios fue de 6.89 ± 4.14 ($N=28$), para bosques tropicales subcaducifolios fue de 3.87 ± 1.79 ($N=15$), y para plantaciones forestales fue de 4.32 ± 3.15 ($N=51$). El análisis general reveló que la R_s tiene una relación con la temperatura del suelo (T_s) de tipo $R_s = \alpha \cdot e^{\beta_1 T_s - \beta_2 T_s^2}$ ($\bar{r}^2 = 0.66$, $P < 0.05$) y la humedad del suelo muestra una relación lineal ($\bar{r}^2 = 0.67$, $P < 0.05$). La complejidad de los controles ambientales que operan en los diferentes tipos de bosques resalta la necesidad de comprender las interacciones de los controles ambientales de la R_s en México en lugar de tratar de identificar un único control ambiental a nivel global (p. ej., temperatura ambiental). Además, se resalta la necesidad de una mayor representación de México en las bases de datos internacionales para mejorar la comprensión de la R_s a nivel global.

Palabras clave: *flujo de CO_2 , controles ambientales, ecosistemas de latitudes menores, temperatura del suelo, contenido de humedad del suelo*

7.13. ¿Cómo las heladas invernales mantienen el límite más norteño de la distribución del bosque neotropical seco en Sonora, México?

Bojórquez Adrián¹ y Álvarez-Yépiz Juan C.¹

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

Las temperaturas de congelación marcan el límite de distribución más al norte del bosque tropical seco en América. En el noroeste de México, este bosque alcanza casi los 30 grados N, donde son comunes las heladas invernales, pero poco se conoce sobre su efecto en la cobertura vegetal y los almacenes de carbono en esta región. El objetivo del presente trabajo es dilucidar cómo las heladas invernales mantienen el límite más norteño de la distribución del bosque tropical seco de América. La histórica ola de frío que afectó gran parte de Norteamérica a principios de febrero de 2011 provocó temperaturas de congelación en el noroeste de México durante al menos tres días consecutivos en las partes bajas donde se distribuye el bosque tropical seco en Sonora. Aquí, realizamos un análisis de las anomalías del índice de verdor NDVI obtenido con imágenes Landsat y lo relacionamos con la latitud, la elevación y la cantidad de árboles muertos después de la helada de 2011 usando 148 sitios del inventario nacional forestal. Durante la temporada de crecimiento (verano) posterior a la helada de 2011, se observaron anomalías negativas de NDVI en el 35% de la región. Esta pérdida de verdor estuvo relacionada con la cantidad de árboles muertos, la elevación y la latitud. Las anomalías negativas de NDVI sugieren que heladas extremas, como la helada de 2011, mantienen los límites más norteños del bosque neotropical seco induciendo mortandad de árboles a latitudes y elevaciones altas. La identificación de áreas vulnerables a las heladas en esta región es esencial para diseñar estrategias de conservación de la biodiversidad y mantenimiento de almacenes de carbono ante futuros extremos climáticos, así como para proponer estrategias de restauración del bosque en zonas con afectación recurrente por extremos del clima.

Palabras clave: *heladas severas; anomalías de NDVI; mortandad de árboles; almacén de carbono; bosque tropical seco.*

7.14. Almacén de carbono en la capa superficial del suelo de un sistema etnoagroforestal semiárido en el Valle de Tehuacán, México.

García-Ramos Yolanda^{1,*}; Montañó Noé M.^{2,*}; Camargo-Ricalde Sara L.² y Tapia-Torres Yunuen³

¹ Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.

² Departamento de Biología, Área de Botánica, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. Ferrocarril de San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ª Sección, Iztapalapa, 09310, Ciudad de México, México.

³ Laboratorio de Microbiómica, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia 58190, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán, México.

*Autores para correspondencia: yolandagary16@gmail.com, nmma@xanum.uam.mx

Resumen

En el Valle de Tehuacán, el sistema etnoagroforestal (SEAF) milpa-chichipera, derivado de la conversión del matorral xerófilo con *Myrtillocactus chichipe*, mantiene la biodiversidad; sin embargo, se desconoce su efecto en la reserva del carbono (C) edáfico. En este estudio, se determinó el almacenamiento de C en el suelo bajo tres usos de suelo: i) Matorral xerófilo-chichipe (MX-CH), ii) SEAF, milpa-chichipera constituido por áreas abiertas (AA) y parches de vegetación (PV), y iii) Campos con agricultura intensiva (CA); en secas y lluvias, durante dos años. El suelo se colectó de 0-15 cm de profundidad en cinco parcelas (20×50 m), por uso de suelo. Se determinó la densidad aparente y el almacén de C (total, inorgánico, orgánico y disponible), y se compararon con ANOVA y pruebas de Tukey. La densidad aparente del suelo fue similar entre PV del SEAF y MX-CH; mientras que el suelo en las AA del SEAF y el CA fue más denso, en ambas estaciones y años. Las fracciones de C no fueron afectadas por la estacionalidad ni por el año, excepto para el C disponible. El C total y C orgánico fueron mayores en MX-CH y PV del SEAF que en AA del SEAF y CA. En el suelo del CA predominó el C inorgánico y se perdió la mitad del C orgánico. El C disponible fue más sensible a la variación estacional e interanual de la lluvia. Los PV del SEAF favorecen el almacén edáfico de C de forma similar al MX-CH, al mantener la entrada y la protección física de la materia orgánica (MO) del suelo.

Palabras clave: agroforestería, contenido de carbono, matorral xerófilo, milpa-chichipera.

7.15. ¿Cómo estudiar a las costras biológicas del suelo en un límite semiárido-subtropical?

Araujo-Encinas Janeth J.^{1,*} y Sánchez-Mejía Zulia M.^{1,*}

¹Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818 sur colonia Centro 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México.

*Autores para correspondencia: janeth.araujo212869@potros.itson.edu.mx; zulia.sanchez26494@potros.itson.edu.mx

Resumen

Las costras biológicas del suelo (CBS) son pequeñas comunidades de cianobacterias, algas, líquenes y musgos, encontrándose en suelos con una cobertura vegetal espaciada. La CBS influye en la fertilidad del suelo, la retención de agua y el ciclo de nutrientes, influyendo en la dinámica de carbono en ecosistemas áridos y semiáridos en donde han sido ampliamente estudiadas a escala global, sin embargo, en regiones subtropicales, particularmente en su transición con ambientes semiáridos, el conocimiento sobre estas comunidades es limitado. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar la composición, distribución y diversidad de las CBS a lo largo de un gradiente semiárido-subtropical en el sur de Sonora, integrando variables biofísicas del suelo y el ecosistema. La metodología se basa en el estudio comparativo de tres ecosistemas representativos del gradiente semiárido-subtropical (matorral espinoso costero, matorral xerófilo y bosque tropical seco). En cada sitio se llevará a cabo la colecta de muestras de CBS y suelo, seguidas de su identificación taxonómica y del análisis de variables biofísicas vinculadas al suelo y la vegetación. Con ello, se busca establecer cómo las condiciones ambientales de cada ecosistema influyen en la composición, distribución y diversidad de las CBS. Se plantea la hipótesis de que la composición y diversidad de las CBS varía en función de las características climáticas, florísticas y edáficas de cada sitio que se estudiará, influyendo en la dinámica de nutrientes y carbono del suelo. Este estudio permitirá generar una línea base fundamental para estrategias de conservación de suelos y manejo de carbono en la región.

Palabras clave: *cianobacterias, infiltración, gradiente ecosistémico, líquenes, suelos.*

7.16. Dinámica del movimiento de suelo en un bosque tropical seco: ¿un factor en los flujos de carbono orgánico del suelo?

Robles-Lagarda Yesica M.^{1,*} y Sánchez-Mejía Zulia M.¹

¹ Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818 sur colonia Centro 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México.

*Autor para correspondencia: yesica.robles205590@potros.itson.edu.mx

Resumen

El movimiento del suelo, entendido como la combinación de procesos de erosión, transporte y sedimentación, constituye un fenómeno crítico para la estabilidad de los ecosistemas terrestres. En los bosques tropicales secos (BTS), altamente vulnerables a la degradación, este proceso adquiere particular relevancia por sus implicaciones en los ciclos biogeoquímicos. En este estudio se analizaron los patrones de erosión y sedimentación durante tres años hidrológicos (2022, 2023 y 2024), que abarcan desde el inicio hasta el final de la temporada de lluvias asociada al Monzón de Norteamérica, en una cronosecuencia de BTS que representa distintas etapas de sucesión ecológica en el noroeste de México. El objetivo fue evaluar la influencia de factores topográficos, estructurales y climáticos en la redistribución del suelo. El movimiento del suelo se estimó mediante el método de clavos de erosión, cuantificando las magnitudes en ton ha^{-1} y caracterizando el tipo de afectación predominante. Los resultados mostraron que la sedimentación fue el proceso dominante, aunque con variaciones interanuales y entre condiciones del bosque. En el primer año, la mayor magnitud se presentó en bosques tempranos (76.8 ton ha^{-1}), mientras que en el segundo la magnitud disminuyó, pero se concentró en bosques maduros (37 ton ha^{-1}). En contraste, durante el tercer año se observó un cambio hacia procesos de erosión, igualmente en condiciones maduras (38 ton ha^{-1}). Estas variaciones sugieren una dinámica de transporte de material asociada a la topografía, cobertura vegetal y las condiciones climáticas. Aunque el trabajo se centra en la dinámica física del movimiento del suelo, estos hallazgos representan un primer paso para comprender el transporte horizontal de materia y abren la discusión sobre el papel de los BTS en el ciclo del carbono, aspecto aún poco explorado y de gran relevancia para el manejo sostenible y conservación.

Palabras clave: *erosión; sedimentación; cronosecuencia; secuestro de carbono.*

7.17. Tracking photosynthetic phenology using foliar traits and imaging spectroscopy in evergreen conifer trees

Luque-Apodaca Heira L^{1*}; Barreras A²; Sánchez-Mejía ZM¹ y Durán SM².

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

² Department of Forest and Rangeland Stewardship, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, USA

*Autor para correspondencia: heira.luque207737@potros.itson.edum.mx

Abstract

The seasonality of photosynthesis in subalpine forests is being influenced by the effects of climate change. Increasing air temperature, decreasing snow cover, snowmelt occurring earlier, among other unusual biophysical events, are causing changes in the timing of the growing season. Thus tracking photosynthetic phenology is essential to understand how subalpine forests will respond to global changes and the impact of these changes on global carbon cycling. Here we assess seasonal changes in the photosynthetic capacity (A_{max}) of three conifer species to evaluate: i) how A_{max} changes over the growing season (May-July) and within a day (0800-1400 hours), ii) how A_{max} changes among species, and iii) whether spectral indices and foliar traits track changes of A_{max} throughout the season. Specifically, we quantify A_{max} on three species: Engelmann spruce (*Picea engelmannii*), Subalpine fir (*Abies lasiocarpa*) and Lodgepole pine (*Pinus contorta*), simultaneously we measured specific leaf area (SLA) and water content (LWC), as retrieved two spectral indices: the Photochemical Reflectance Index (PRI) and the Chlorophyll/Carotenoid Index (CCI) to evaluate whether foliar traits and spectral indices can track A_{max} changes within a day and over the season. Preliminary results show that A_{max} decreases throughout the day for all species. A_{max} showed variation throughout the growing season with significant differences among species. SLA and PRI showed a positive correlation with A_{max} throughout the day and throughout the growing season for all species. Future analyses will evaluate the effect of CCI and LWC, and assess whether it is possible to predict A_{max} using leaf reflectance.

Key words: *niwot forest ridge; photosynthetic capacity; seasonality; spectral indices; amax*

7.18. Carbono orgánico en tierras agrícolas de México: síntesis nacional a partir de datos rescatados.

Arroyo-Cruz Carlos E.¹ y Guevara Mario¹

¹ Instituto de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México campus Juriquilla, Blvd. Juriquilla No. 3001. Querétaro, 76230, México.

*Autor para correspondencia: carlos.arroyo@geociencias.unam.mx

Resumen

El carbono orgánico del suelo (COS) constituye un elemento esencial para la productividad agrícola y la resiliencia de los ecosistemas, ya que regula la fertilidad, la disponibilidad de nutrientes y el balance hídrico, además de su papel crítico en la mitigación del cambio climático. Sin embargo, en México la información sobre COS en tierras agrícolas ha sido escasa, fragmentada y, en muchos casos, inaccesible. En este trabajo se presenta la recuperación, armonización y análisis de un conjunto nacional de más de 4,000 muestras compuestas de suelos cultivados, recolectadas entre 2011 y 2012 por la Secretaría de Agricultura. El muestreo se realizó en los primeros 30 cm de suelo, mediante la integración de 20 submuestras por sitio, y se analizaron propiedades fisicoquímicas conforme a la NOM-021-SEMARNAT, incluyendo pH, conductividad eléctrica, densidad aparente, textura, nutrientes y materia orgánica. Los contenidos de materia orgánica variaron entre 0.1 y 37.9%, con una mediana de 2.4%. El 52.8% de las muestras se clasifican con niveles medios de COS (1.5–3.5%), el 19.5% con niveles bajos (<1.5%) y el 26.1% con valores altos (>3.5%). Estas cifras reflejan una amplia heterogeneidad edáfica y climática, pero también evidencian riesgos de degradación en zonas de agricultura de temporal sujetas a erosión e intensificación productiva. En contraste, los suelos bajo riego muestran mayores contenidos de arcilla y COS, aunque presentan también problemas asociados a alcalinidad y salinidad, que limitan el potencial de estabilización del carbono. La información rescatada constituye una línea base inédita para el país y representa un insumo estratégico para estudios de secuestro de carbono, mapeo digital de suelos y evaluación de políticas de manejo sustentable. Este esfuerzo enfatiza la importancia de la accesibilidad y preservación de datos históricos para fortalecer la investigación y la gestión de los suelos agrícolas en México.

Palabras clave: *rescate de información; carbono orgánico del suelo; propiedades fisicoquímicas; tierras agrícolas.*

7.19. Materia orgánica en descomposición: flujos de carbono en una sucesión ecológica de bosque tropical seco.

Báez-Gaxiola Cinthia L.^{1*}; Sánchez-Mejía Zulia M.¹

¹ Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero 818 sur colonia Centro 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México.

*Autor para correspondencia: cinthia.baez208189@potros.itson.edu.mx

Resumen

Los bosques tropicales secos (BTS) son ecosistemas dinámicos y sensibles a cambios ambientales. La materia orgánica del suelo, derivada principalmente de la descomposición de la materia orgánica, es clave en los ciclos biogeoquímicos y el secuestro de carbono. Este proceso regula la fertilidad del suelo e influye directamente en la resiliencia del ecosistema frente a perturbaciones. En este trabajo, se evaluó la dinámica estacional y la variabilidad espacial de la tasa de descomposición del material orgánico (k) a lo largo de una cronosecuencia de bosque tropical seco. Se utilizaron bolsas de descomposición enterradas a una profundidad de 8 cm, con mantillo característico de cada sitio. El experimento se realizó durante 1 año, con muestreos a los 3, 6, 9 y 12 meses, extrayéndose bolsas por sitio en cada periodo. Las muestras se secaron a peso constante y se corrigió el peso mediante la técnica libre de cenizas. La k se calculó con el modelo de Olson (1963). Los resultados mostraron que los bosques en etapas tempranas de sucesión presentaron k mayores que los bosques maduros. Esta diferencia podría deberse a una mayor calidad del material orgánico en etapas tempranas, con menor contenido de compuestos recalcitrantes y microclimas más favorables para los descomponedores. En consecuencia, en fases iniciales el carbono retorna más rápido al suelo facilitando el establecimiento de nuevas especies. Este estudio resalta la importancia de la sucesión ecológica en la regulación del ciclo del carbono en BTS, ecosistemas clave para la conservación y la mitigación del cambio climático.

Palabras clave: *cambio climático; cronosecuencia; mantillo; suelo.*

7.20. Controles del intercambio neto de CO₂ en un agroecosistema de invierno del Noroeste de México.

Vargas-Terminel Martha L.^{1,2,*}; Vega-Puga Masuly¹; Garatuza-Payán Jaime^{1,2}; Rivera-Díaz Miguel A.¹ y Yépez Enrico A.^{1,2}

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

²Laboratorio Nacional CONAHCYT-MexFlux, Instituto Tecnológico de Sonora, C.P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora.

*Autor para correspondencia: martha.vargas41851@potros.itson.edu.mx

Resumen

La dinámica funcional de los agroecosistemas es regulada por la influencia de variables biofísicas y las prácticas de manejo agrícola, lo cual determina su productividad y rendimiento. Sin embargo, en agroecosistemas localizados en zonas áridas y semiáridas todavía existe la necesidad de comprender la variabilidad temporal de NEE y sus componentes, y cómo estos son controlados por factores biofísicos. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar el intercambio neto de CO₂ (NEE) en un cultivo de invierno del noroeste de México y, se determinaron los principales factores biofísicos que controlan su variabilidad. Se utilizaron mediciones continuas de flujos de CO₂ y micrometeorología con la técnica de covarianza de flujos turbulentos. Se observó que durante las etapas iniciales de desarrollo el agroecosistema fue una fuente de C, pero en etapas posteriores como en la floración observamos una ganancia neta de C. La ganancia neta de C del agroecosistema durante el ciclo agrícola fue de 2.9 ton C ha⁻¹. Los factores biofísicos asociados a la variabilidad del NEE fueron la radiación fotosintéticamente activa, la temperatura del dosel, el déficit de presión de vapor y la evapotranspiración. Estos resultados resaltan la importancia de estudiar los procesos y mecanismos relacionados al ciclo del C para definir su contribución a la productividad y el rendimiento de los agroecosistemas.

Palabras clave: *biogeociencias, cultivo de trigo, flujo de CO₂, MexFlux, Valle del Yaqui.*

7.21. Relación entre color del suelo y carbono orgánico: evidencias del Desierto Chihuahuense.

Bobadilla-Ballesteros Martha D.^{1,*}; Ortiz-Solorio Carlos² y Chávez-Vergara Bruno³

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma De México, Avenida Universidad, No. 3000, UNAM CU, Coyoacán, Ciudad de México.

² Laboratorio de Génesis de Suelos, Colegio de Posgraduados Campus Montecillo.

³ Laboratorio de Biogeoquímica y Materia Orgánica del Suelo, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad, No. 3000, UNAM CU, Coyoacán, Ciudad de México.

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

Resumen

La determinación de las fracciones de carbono edáfico en tierras secas es fundamental para comprender los procesos de permanencia y almacenamiento de carbono. Tradicionalmente, el método por oxidación húmeda Walkley & Black (W&B; 1934) se ha empleado para estimar el carbono orgánico (CO); sin embargo, presenta limitaciones por interferencias, por ejemplo, con carbonatos, Fe^{3+} , Mn^{4+} y materia orgánica recalcitrante. En contraste, el empleo de un analizador elemental mediante la coulometría permite determinar carbono total (CT) e inorgánico (CI) de manera directa y sin interferencias, mientras que CO se obtiene por su diferencia (CT-CI). En este trabajo se analizaron 88 muestras de suelos del Desierto Chihuahuense, las muestras pertenecen al acervo del Mapa de Degradación de Suelos 2001-2002. Todas las muestras fueron analizadas mediante oxidación húmeda W&B y coulometría, así también, se determinó el color del suelo con un colorímetro en el sistema CIELAB, enfocándose en el eje L*(brillantez). Los valores de CO y CI por coulometría se relacionaron con L*, de forma negativa ($R^2=-0.42$) y positiva respectivamente, mientras que el CO por W&B correlacionó positivamente con el valor L* ($R^2=0.27$). Además, comparativamente con el uso del coulometro, los resultados mediante W&B subestiman la concentración del CO hasta en 64%. La relación negativa entre CO por Coulometría y L* es consistente con que los suelos más oscuros presentan mayor contenido de CO mientras que la relación positiva del CO obtenido por W&B expresa una relación incongruente con la premisa del color, lo que confirma las limitaciones del método para este tipo de suelos. Este estudio destaca la importancia de aplicar métodos analíticos libres de interferencias para la determinación de carbono en suelos áridos.

Palabras clave: *carbono edáfico, coulometría, color del suelo*

7.22. Almacenes de carbono orgánico en el suelo y en la vegetación en el Parque Ecológico La Joya-La Barreta, Querétaro, México; Hacia un sistema de monitoreo de carbono.

Mariano Torres-Gómez^{1,*}; Castelblanco Luis F. ¹; Prado Alberto²; Solís Sara¹; Carreón Dora¹ y Guevara Mario ¹

¹ Instituto de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México campus Juriquilla. Blvd. Juriquilla 3001, Campus UNAM 3001, Juriquilla La Mesa, 76230 Juriquilla, Querétaro.

² Escuela Nacional de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México campus Juriquilla. Blvd. Juriquilla 3001, Campus UNAM 3001, Juriquilla La Mesa, 76230 Juriquilla, Querétaro.

*Autor para correspondencia: mtorres@geociencias.unam.mx

Resumen

El Parque Ecológico La Joya-La Barreta es de gran importancia ecológica, ya que alberga especies de flora nativas, fauna y funga del semidesierto de Querétaro, y es un ecosistema clave para el secuestro y almacenamiento de carbono. Este estudio estimó las reservas de carbono orgánico del suelo (COS) y carbono orgánico de la vegetación (COV), así como la respiración basal como indicador de la actividad microbiana, proporcionando una base esencial para la gestión sostenible del parque y la toma de decisiones en el contexto de la mitigación de gases de efecto invernadero. Se muestrearon 116 sitios entre 2023 y 2024. En cada sitio, se establecieron cuadrantes de 10 × 10 m para medir la altura, el diámetro y la cobertura de la vegetación. Se tomaron muestras de suelo del centroide de cada cuadrante, a partir de los 30 cm superiores del suelo mineral. Comparamos los almacenes de carbono anualmente (2023-2024). El COV varió de 8.6 a 15.5 toneladas de C ha⁻¹ a lo largo de los años. La variación del COS no fue significativa, situándose entre 130 y 140 toneladas de C ha⁻¹. Las reservas de COV varían de 2,107 a 3,797.5 toneladas de C. En contraste, las reservas de COS varían de 31,850 a 34,300 toneladas de C. Estos resultados nos permitirán desarrollar marcos de mapeo digital de C para realizar estimaciones en cada rincón del parque. Además, contribuye al desarrollo de modelos digitales de mapeo de suelos para la planificación ambiental en la región.

Palabras clave. *mapeo digital de suelos, carbono orgánico, respiración basal.*

7.23. Contenido de materia orgánica y en distintos sistemas productivos en la Cuenca Amanalco-Valle de Bravo, Estado de México.

García-Martínez R.^{1*}; Montoya-Jiménez J.C.¹; García-Urbina J.¹ y Zepeda-Aguilar N.

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

La materia orgánica del suelo (MOS) y el carbono orgánico del suelo (COS) son elementos clave para la productividad agrícola y forestal, así como para la mitigación del cambio climático. El objetivo de la investigación fue identificar diferencias en los contenidos de MOS, COS y el almacén de carbono en distintos sistemas productivos de la cuenca Amanalco, Valle de Bravo. Para ello se evaluaron nueve sistemas productivos predominantes: parcela de maíz, plantaciones de aguacate ‘Hass’, plantaciones forestales de pino y bosques de pino-encino. Los resultados muestran una alta variabilidad en los sistemas. El contenido de MOS fluctuó entre 3.8 % y 14.2 %, mientras que el de COS osciló de 2.20 % a 8.25 %. La plantación de aguacate Hass en Valle de Bravo alcanzó los valores más altos de ambos indicadores, así como el mayor almacén de carbono (272.4 Mg ha⁻¹), atribuible a aplicación de abonos orgánicos. En contraste, la plantación de *Pinus pseudostrabus* en Villa de Allende presentó los valores más bajos, debido a su establecimiento en suelos erosionados por agricultura intensiva. Los bosques de pino-encino y las plantaciones de *Pinus patula* registraron reservas intermedias de carbono, confirmando su papel como sumideros naturales. Estos hallazgos refuerzan la importancia de diseñar políticas de manejo integrado que contribuyan simultáneamente a la seguridad alimentaria, la productividad y la mitigación del cambio climático utilizando la MOS y COS como referencia.

Palabras clave: *materia orgánica; producción agrícola; producción forestal; cambio climático.*

7.24. Avances en el estudio de la respiración y propiedades edáficas en ecosistemas tropicales de la Península de Yucatán.

Tec-Pardillo R.^{1,*}; González-Durán L. C.²; Espinosa-Fuentes M. L.³; Mendoza-Vega J.⁴; Chi-Quej J. A.⁴; Ku-Quej V. M.⁴; Aryal D. R.⁴ y Grutter-de la Mora Michel³.

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior S/N. Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, CDMX.

² Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 S/N entre 22 y 28, Chiná, Campeche, México. C. P. 24520.

³ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior S/N. Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, CDMX.

⁴ Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche, Av. Rancho, Polígono 2^a, Parque Industrial Lerma, Campeche, Camp. C. P. 24500

*Autor para correspondencia: rodrigo.tec@comunidad.unam.mx

Resumen

Se evaluaron propiedades edáficas y la respiración basal en dos sitios contrastantes de la Península de Yucatán: la Reserva Estatal “El Palmar” (Yucatán) y la Reserva de la Biosfera de Calakmul, sitio Oxpemul (Campeche). En ambos sitios se describieron perfiles de suelo y se establecieron transectos para muestreo. Se determinaron parámetros edáficos (pH, materia orgánica, textura, carbonatos y densidad aparente). Se midió la Respiración del suelo (Rs) con un IRGA portátil, y se determinó la respiración basal (Rsb) a través de incubaciones controladas en Oxpemul. Los resultados preliminares muestran contrastes marcados entre los suelos. En El Palmar, Leptosol háplico somero, se registraron altos contenidos de materia orgánica (12.26–17.49%), baja densidad aparente y texturas franco-arenosas, mientras que en Oxpemul, Vertisol mólico, predominaron arcillas (60–80%), densidades mayores (0.70–1.30 g cm⁻³) y acumulación de carbonatos en profundidad (hasta 17.9%). La Rs en campo reveló un patrón diario más marcado en Oxpemul, con incremento vespertino del flujo de CO₂, mientras que en El Palmar permaneció estable. Las incubaciones en Oxpemul evidenciaron un descenso de la Rsb con la profundidad, disminuyendo 40% entre 0–10 cm y 20–30 cm. Estos resultados son parte de un proyecto más amplio que investiga el ciclo del carbono en ecosistemas tropicales y están asociados a la instalación de torres de flujo en ambos sitios. La información obtenida con estas torres permitirá la integración de mediciones con la estimación de flujos de CO₂ a escala de ecosistema.

Palabras clave: *Respiración basal; parámetros fisicoquímicos; flujo de CO₂.*

7.25. Trasladando datos de procesos biofísicos a diversas escalas, para la estimación de un índice de vegetación a escala del paisaje. Estudio de caso: Bosque tropical seco secundario en la cuenca del río Cuchujaquí en Álamos, Sonora.

Juárez-Montes Abigail^{1,*}; Reyes-García Lizeth²; Coronel-Enríquez Claudia³; Madrigal-Gómez José M.⁴; Alcuía-Aguilar Alejandro⁵ y Popoca-Cruz Pavel E.⁶

¹ Facultad de Ciencias, UNAM, Investigación Científica, C.U., Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, CDMX.

² Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. México.

³ Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, Poussin 45, San Juan Mixcoac, C.P. 03730, Benito Juárez, CDMX.

⁴ Centro de Investigación en Ciencias de Información Geospacial A.C., CentroGeo. Contoy 137, Lomas de Padierna, C.P. 14240, CDMX.

⁵ Cultivo Land PBC, 5020 Franklin Drive, Suite 100, Pleasanton, CA 94588, USA

⁶ Instituto de Ecología, UNAM, Unidad Mérida. Tablaje Catastral N°6998, Carretera Mérida-Tetiz Km. 4.5. Ucu, C. P. 97357, Yucatán, México

*Autor para correspondencia: abigailjoannes@gmail.com

Resumen

La transpiración en plantas es fundamental para la productividad primaria y acumulación de carbono. Es necesario relacionar la productividad primaria con los flujos de agua y energía para un análisis más integrado de la función ecosistémica. El bosque tropical seco en estado secundario es un ecosistema que predomina en la cuenca del Río Cuchujaquí, en Sonora; este bosque desempeña un papel esencial en el ciclo hidrológico de la cuenca. El objetivo de este trabajo es caracterizar la productividad primaria del bosque tropical seco en sucesión secundaria, en la cuenca. Se propone hacerlo mediante la estimación de un índice de vegetación, integrado a varias escalas. Para ello, se requiere incorporar los procesos conductores respecto del uso de energía, agua e interacciones bióticas, que son relevantes en la fotosíntesis y la acumulación aérea de carbono, desde la escala local en la zona de influencia de una torre de covarianza de vórtices (16 has aproximadamente), hasta la escala del paisaje. Se busca implementar procedimientos de escalamiento, para obtener una mejor representación de un indicador de la productividad primaria con datos de un vehículo aéreo no tripulado, de los sensores Landsat y MODIS y de otras fuentes auxiliares de información, acerca de los procesos conductores mencionados.

Palabras clave: *productividad primaria; índices de vegetación; integración de datos y modelos multiescala.*

7.26. Caracterización edáfica del cerro de la estrella, Ciudad de México.

Méndez-Flores Brandon A.¹; Guerra-Hernández Eloísa A.¹ y Cruz-Flores Gerardo.¹

¹ Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Guelatao 66, Ejército de Oriente, Iztapalapa, 09230 Ciudad de México.

*Autor para correspondencia: mendezfloresaxel@gmail.com

Resumen

El Cerro de la Estrella tiene un valor histórico, social y ecológico en el oriente de la Ciudad de México, lo que le ha otorgado doble categoría: Área Natural Protegida (ANP) y Zona Ecológica y Cultural. No obstante, ha enfrentado una degradación acelerada, con pérdida de hasta el 90 % de su área original, lo que ha reducido la cobertura vegetal, deteriorado la permeabilidad del suelo, aumentado la erosión y contribuido a la pérdida de biodiversidad. Con el fin de aportar información técnica para actualizar su programa de manejo, se realizó un diagnóstico edafológico mediante muestreo representativo en tres niveles altitudinales, con análisis físicos y químicos del suelo: textura, pH, densidad aparente, conductividad eléctrica, % de carbono orgánico y Carbono Orgánico del Suelo (COS). Los datos se analizaron usando pruebas de normalidad, análisis de varianza y correlación, finalmente se expusieron los valores de COS en un mapa. Los resultados muestran que las zonas altas y las barrancas presentan mejores condiciones edáficas, con mayor contenido de carbono, mientras que las Laderas bajas exhiben mayor compactación. El nivel medio es altamente heterogéneo, con microambientes como la Barranca Moctezuma que presentan suelos ácidos con mayor cantidad de carbono orgánico. Estos resultados aportan información enfocada en la diferenciación de las ubicaciones y niveles altitudinales que ayude a la restauración del suelo en el Área Natural Protegida.

Palabras clave: *edafología; restauración; carbono orgánico; degradación del suelo; densidad aparente.*

7.27. Carbono orgánico atmosférico fijado en el suelo con relación a la estructura arbórea, Bosque de Tlalpan y Parque Ecológico de la CdMx, Sierra Chichinautzin

Rodríguez-Gamiño Ma. de Lourdes¹; López-Blanco Jorge² y Vela-Correa Gilberto³

¹ Colegio de Geografía, FFyL, UNAM. Universidad 3000, Circuito Exterior S/N, Cd. Universitaria, Coyoacán, 04510, CdMx

² Environmental Change Consulting. Valladolid 34, Roma Norte, Cuauhtémoc, 06700, 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 el contenido de carbono orgánico atmosférico fijado en el suelo con respecto a la dimensión de la estructura arbórea del Bosque de Tlalpan y del Parque Ecológico de la CdMx, Sierra Chichinautzin, sur de la CdMx. Interpretando fotografías aéreas se definieron los sitios de muestreo a partir de las características de la vegetación y se trazaron cuatro círculos con un radio de 17.8 m (superficie 995.4 m²) considerando los árboles con un diámetro a altura de pecho (DAP) mayor a 10 cm. En cada círculo se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 30 cm. Para conocer la estructura arbórea se consideró el Índice de Valor de Importancia Relativa (IVIR). En laboratorio se obtuvo la densidad aparente (Da) y el contenido de carbono orgánico (CO). El COS se calculó con base en la ecuación: $COS = (CO * Da * Ps * Sup) / 100$. Los resultados muestran que el valor mayor del COS (24.3 kg m⁻²) está en el S01-2 con un IVIR, en *Quercus crassipes*, de 146.7% y en *Q. rugosa* de 101.6%. El S02-1 presentó un COS de 23.2 kg m⁻² con un IVIR, en *Cupressus lusitánica*, de 143.3% y el *Fraxinus udhei* de 76.1%. El S01-1 presentó un COS de 13.2 kg m⁻² donde se encuentra *Quercus crassipes* con un IVIR de 156.8% y el *Q. rugosa* con 83.8%. El S02-2 presentó el valor más bajo de COS con 7.7 kg m⁻², donde el *Cupressus lusitánica* tiene un IVIR de 168.4% y el *Pinus rudis* 40.9%. Existe una influencia marcada de la estructura arbórea en el contenido de COS en los sitios estudiados. El conocimiento de la relación de biomasa arbórea y el contenido del COS puede ser un indicador base para el monitoreo de la dinámica del Carbono en ecosistemas terrestres y para el establecimiento de estrategias y prácticas de manejo que permitan mitigar el Cambio Climático.

Palabras clave: *carbono orgánico del suelo; estructura arbórea, Índice de Valor de Importancia Relativa, Sierra Chichinautzin.*

7.28. Fotogrametría pasiva y activa con LiDAR para estimar el almacén de carbono en *Myrtillocactus geometrizans*.

Navarijo-Gómez Jaime A.¹; Cervantes-Jiménez Mónica²; Luna-Soria Hugo³; Sánchez Marco A.⁴ y Nava-Díaz Remedios²

¹ Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. De las Ciencias, S/N, CP 76230 Juriquilla, Querétaro, Qro.

² Laboratorio de Ecología vegetal, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. De las Ciencias, S/N, CP 76230 Juriquilla, Querétaro, Qro.

³ Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. De las Ciencias, S/N, CP 76230 Juriquilla, Querétaro, Qro.

⁴ Laboratorio de Tecnologías Inmersivas para la Comunicación de la Ciencia, Av. de las Ciencias s/n, Colonia Juriquilla, Edificio central de la Facultad de Ciencias Naturales, Campus Juriquilla, Querétaro.

*Autor para correspondencia: jaime.navarijo@uaq.edu.mx

Resumen

El almacén de carbono en la vegetación corresponde a un porcentaje de la biomasa. Los métodos directos para cuantificar la biomasa son destructivos, alteran el ecosistema y son costosos. Las ecuaciones alométricas son el método indirecto más utilizado para estimar la biomasa, sin embargo, solo se dispone de ecuaciones para algunas especies. Las desventajas de usar las ecuaciones alométricas de otras especies es que la biomasa puede ser subestimada o sobreestimada. La fotogrametría pasiva o activa permite la reconstrucción tridimensional (3D) de la arquitectura compleja de las plantas y sus mediciones son la base para modelos alométricos. El objetivo de este estudio consistió en comparar reconstrucciones 3D de ejemplares de *M. geometrizans* con software de fotogrametría pasiva con cámara digital y el teléfono inteligente, con las reconstrucciones 3D obtenidas con el sensor LiDAR integrado en un teléfono inteligente con varias aplicaciones. Las reconstrucciones se compararon con mediciones de volumen real por desplazamiento de agua, mediante una regresión lineal. Las reconstrucciones 3D generadas con la aplicación Kiri Engine con LiDAR tuvieron mejor ajuste ($R^2=0.87$, $p < 0.05$) comparadas por las generadas usando cámara digital con el software iTwin Capture ($R^2 = 0.023$, $p < 0.05$). Los teléfonos inteligentes con LiDAR permiten generar reconstrucciones 3D fiables para el cálculo de volumen y estimación de biomasa en plantas con arquitectura compleja.

Palabras clave: biomasa aérea; reconstrucción 3D; garambullo; cactaceae; iphone

7.29. Rasgos de la materia orgánica del suelo en horizontes superficiales rojos y negros de la Península de Yucatán.

Rivera Uria Yazmin¹; Sedov Sergey¹; Diaz Ortega Jaime¹; Beltrán-Paz Ofelia I.^{1,2}; Zazovskaya Elya³ y Chávez-Vergara Bruno^{1,2,*}

¹ Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México 04500.

² Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Ciudad de México, México 04500.

³ Center for Applied Isotope Studies, University of Georgia, Athens, USA 30602.

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

Resumen

La Península de Yucatán se ha identificado como un “hotspot” nacional de carbono orgánico del suelo (SOC), a pesar de que sus suelos son someros y de limitado desarrollo pedogenético. Este trabajo caracteriza los rasgos de la materia orgánica del suelo (SOM) y los mecanismos de estabilización del carbono en dos edafotaxa representativos: el Rendzic Leptosol (suelo negro) y el Chromic Luvisol (suelo rojo). Se emplearon análisis micromorfológicos, fisicoquímicos, isotópicos, térmicos (DSC) y espectroscópicos (ATR-FTIR) para evaluar la composición, fraccionamiento y estabilidad de la SOM en los horizontes superficiales. Los resultados indican que el suelo negro presenta más del doble de SOC (137 g C kg^{-1}) que el suelo rojo (62.1 g C kg^{-1}). Esta diferencia se asocia con un pH neutro, mayores contenidos de calcio y la presencia de minerales como mica-illita y óxidos de hierro, que facilitan la formación de complejos organo-minerales estables. Micromorfológicamente, el suelo negro exhibe estructura granular, alta porosidad y evidencia de intensa actividad biológica, lo que promueve el procesamiento de residuos orgánicos y la acumulación de compuestos nitrogenados microbianos estabilizados en las fracciones minerales (MAOM). Algunas de estas fracciones muestran edades de hasta 350 años, reflejando una mayor persistencia del carbono. Por el contrario, el suelo rojo, de estructura compacta y arcillosa, contiene compuestos pirolíticos derivados de quemadas históricas, con baja interacción organo-mineral y una dinámica más rápida de recambio del carbono. Estos hallazgos evidencian que la persistencia del SOC en sistemas kársticos tropicales depende no solo de la recalcitrancia química de la SOM, sino también de su contexto mineralógico y pedogenético. Se subraya la relevancia de conservar las interfaces organo-minerales para evitar pérdidas de carbono y fortalecer el papel de estos suelos como sumideros en escenarios de cambio climático.

Palabras clave: *estabilización, suelos kársticos, FTIR, DSC, micromorfología.*

7.30. Actividad microbiana en tecnosuelos y suelos naturales de Cananea, Sonora, México.

Beltrán-Paz Ofelia^{1,*}; Romero Francisco^{2,3}; Rivera-Becerril Facundo⁴ y Chávez-Vergara Bruno^{2,3}

¹ Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México.

² Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Universitaria, 04510, México.

³ Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Cd. Universitaria, 04510, México.

⁴ Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Departamento el Hombre y su Ambiente.

*Autor para correspondencia: ofe.ivette@ciencias.unam.mx

Resumen

La minería es una de las principales actividades antropogénicas responsables de la degradación de suelos, debido a la generación de grandes volúmenes de residuos y a la alteración del paisaje. Estas transformaciones afectan las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, disminuyendo su fertilidad y funcionamiento. Una estrategia de rehabilitación es la construcción de tecnosuelos, elaborados a partir de residuos mineros. El objetivo de este estudio fue caracterizar la actividad microbiana en tecnosuelos construidos con residuos de una mina en Cananea, Sonora, México. Se evaluaron cuatro tecnosuelos y tres suelos naturales como referencia. En octubre de 2024 se recolectaron 56 muestras, en las cuales se analizaron humedad, pH, conductividad eléctrica (CE), carbono total, carbono microbiano y mineralización potencial de carbono. Los resultados mostraron una marcada diferenciación entre sitios. Los tecnosuelos presentaron mayor CE y pH alcalino (8–9), mientras que los suelos naturales registraron valores mínimos de CE y pH ácido (4.5–6.5). El contenido de humedad fue más alto en BOM3 y EXF2, y más bajo en NAT3 y BOM4. En términos biológicos, la respiración basal fue mayor en NAT1, NAT3 y BOM3, mientras que la biomasa microbiana destacó en EXF1, EXF2 y BOM3. De manera preliminar, los resultados sugieren que los tecnosuelos muestran propiedades fisicoquímicas contrastantes respecto a los suelos naturales, y que algunos de ellos presentan un mayor potencial para sostener procesos microbianos.

Palabras Clave: *tecnosuelos, actividad microbiana, residuos mineros.*

7.31. Análisis bibliométrico (1990-2025) del estudio del carbono aéreo en ecosistemas terrestres.

Montoya-Jiménez Juan C.^{1,*}; García-Martínez René¹; Ruiz-González Cecilia G.²; Sosa-Díaz L.¹ y García-Urbina Jesús¹

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

² Colegio de Postgraduados, Entomología y Acarología, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México

*Autor de Correspondencia: juan.mj@vbravo.tecnm.mx.

Resumen

El análisis de las publicaciones científicas sobre el carbono aéreo en ecosistemas terrestres permite conocer las tendencias actuales de investigación. El objetivo del estudio fue realizar un análisis bibliométrico a nivel mundial para analizar la producción científica sobre el estudio del carbono aéreo en ecosistemas terrestres. A través de Scopus se realizó una búsqueda de publicaciones científicas que incluyeran términos Carbono aéreo, almacén de carbono forestal, carbono, aboveground carbon, forest carbon stock se utilizó el operador OR. El análisis bibliométrico se realizó en la misma plataforma de Scopus. Se encontraron 3227 estudios científicos, el número de publicaciones por año han incrementado significativamente en los últimos 20 años, los artículos científicos es el formato de investigación preferido por los científicos, las áreas del conocimiento con mayor cantidad de publicaciones sobre carbono aéreo fueron ciencias agrícolas y biológicas, ciencias ambientales, ciencias ambientales y ciencias de la tierra. Los autores e instituciones con más producción fueron los de Brasil, Estados Unidos de América y China. Existe una tendencia favorable en el número de publicaciones con mayor énfasis en las revistas de alto impacto (Q1 y Q2). Las publicaciones se realizan mayormente en inglés, portugués y español. Los autores más activos fueron Pereira, M.G., Asner, G.P., Sanquetta, C.R., Jacovine, L.A.G., Chave, J. quienes produjeron 43, 39, 24, 22 y 21 documentos respectivamente. El presente estudio aportó información crucial para comprender la evolución de los estudios sobre el carbono en los ecosistemas terrestres, denotó que la investigación incrementó significativamente a partir del 2004.

Palabras clave: *revistas, Scopus, bibliometría, aéreo.*

7.32. Distribución altitudinal del Carbono orgánico atmosférico fijado en el suelo del volcán Xitle, Sierra Chichinautzin, CdMx.

López-Blanco Jorge¹; Rodríguez-Gamiño Ma. de Lourdes^{2,*} y Vela-Correa Gilberto³

1 *Environmental Change Consulting*. Valladolid 34, Roma Norte, Cuauhtémoc, 06700, CdMx

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

3 Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, 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 orgánico atmosférico fijado en el suelo (COS), en nueve sitios de la ladera noreste del volcán Xitle, Sierra Chichinautzin, Centro de México. Con base en un modelo digital de elevación de alta resolución espacial (5m, del INEGI), en cada sitio se caracterizó la morfogénesis del relieve (origen/tipo/litología/cronología/geometría), también se tomó de 0-30 cm de profundidad una muestra de suelo por sitio. En laboratorio se obtuvo la densidad aparente (D_a) y el carbono orgánico (CO). El COS se calculó con base en la ecuación: $COS = (CO * D_a * P_s * Sup) / 100$. Los resultados mostraron que el valor más alto de COS (26.3 kg m^{-2} ; 3,121 msnm), está en el Sitio S01, en la porción más alta del Xitle, con relieve Endógeno volcánico acumulativo de laderas de montaña de *cono de escoria* andesítica basáltica del Cuaternario Holoceno (*labio de cráter*). El segundo valor mayor de COS, está también en la parte alta del Xitle, en el sitio S04 (24.3 kg m^{-2} ; 2,706 msnm), con relieve Endógeno volcánico acumulativo de laderas de montaña *superiores* de flujos lávicos andesíticos basálticos, del Cuaternario Holoceno. El valor más bajo de COS (11.1 kg m^{-2} ; 2,296 msnm), está en el Sitio S08, con relieve Endógeno volcánico acumulativo de laderas de montaña *inferiores* de flujos lávicos andesíticos basálticos del Cuaternario Holoceno. En promedio, los sitios S01 y S04, en las laderas de montaña *superiores* de cono de escoria (*labio de cráter*) y las laderas de montaña *superiores* de flujos lávicos andesíticos basálticos, respectivamente, tienen un 128% más de COS, que las laderas de montaña *inferiores* de flujos lávicos. Los resultados mostraron que las laderas de montaña superiores de cono de escoria (*labio de cráter*) y las laderas de montaña *superiores* de flujos lávicos andesíticos basálticos, ambas del Cuaternario Holoceno, son el principal reservorio de CO_2 atmosférico fijado en suelo, en el volcán Xitle.

Palabras clave: *carbono orgánico del suelo; densidad aparente; morfogénesis; ladera norte; Xitle.*

7.33. Análisis multivariado para la selección del sitio de una torre Eddy Covariance en un bosque templado.

Gaxiola-Ortiz Francisco J.¹ y Villarreal-Rodríguez Samuel¹

¹ Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Subselección Durango. Calle CIMAV #110, Ejido Arroyo Seco, CP 34147, Durango, Durango, México.

*Autor para correspondencia: francisco.gaxiola@cimav.edu.mx

Resumen

El monitoreo preciso de flujos de gases de efecto invernadero como el carbono es fundamental para diseñar estrategias de mitigación contra el cambio climático. Una técnica clave es Eddy Covariance (EC); sin embargo, su aplicación presenta retos, sobre todo al seleccionar el sitio. El objetivo de este trabajo es seleccionar el sitio idóneo para una torre EC mediante un análisis multivariado en un bosque templado. La zona de estudio corresponde al Área Natural Protegida (ANP) “El Tecuán”, un bosque templado. Se identificaron variables ambientales relacionadas con flujos de carbono y agua según un modelo conceptual. Posteriormente, se evaluó la autocorrelación espacial para seleccionar las variables adecuadas y aplicar un muestreo por hipercubo latino condicionado (HCLC), obteniendo los puntos potenciales. Finalmente, se elaboró un mapa de idoneidad topográfica para seleccionar los puntos y calcular el área de influencia del flujo turbulento (AIFT). El muestreo por HCLC evidenció representatividad y heterogeneidad ambiental en el ANP. La distribución espacial de los 10 puntos resaltó la variabilidad de condiciones, mientras que el mapa de idoneidad topográfica permitió identificar los dos sitios más apropiados para la torre EC. Además, las AIFT de los dos sitios se orientaron a los vientos dominantes del suroeste y del este. En conclusión, la integración del muestreo por HCLC, análisis topográfico y de vientos proporciona un método eficaz para seleccionar un sitio de torre EC. Los próximos pasos incluyen evaluar en campo la cobertura vegetal y la topografía, además de analizar los vientos dominantes con datos de estaciones locales.

Palabras clave: *flujos de carbono; cobertura vegetal; topografía; viento dominante; Durango*

7.34. Desarrollando un monitoreo integral de los flujos de carbono y sus controladores biológicos ante el cambio global mediante observaciones de reflectancia.

Hinojo-Hinojo César^{1,2,*}; Acosta-Fajardo Omar¹; Chávez-Valenzuela Martín de Jesús¹; Contreras Castro Edna¹; Brian Enquist^{3,4}; Frasier Amy⁵; Montes-Bojorquez Martha G.¹; Robles Carlos⁶; Lei Song⁵ y Villareal Samuel⁷

¹ Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICTUS), Universidad de Sonora; Hermosillo, 83000, México

² Laboratorio Nacional Conahcyt MexFlux, Xalapa, Veracruz, 91073, México.

³ Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Arizona; Tucson, 85721, USA.

⁴ The Santa Fe Institute; Santa Fe, 87501, USA.

⁵ Department of Geography, University of California, Santa Barbara; California, 93106, USA

⁶ Department of Plant Breeding, Hochschule Geisenheim University, 65366 Geisenheim, Germany.

⁷ Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C., Departamento de Ingeniería Sustentable, Durango, Durango, 34305, México

* Autor para correspondencia: cesar.hinojo@unison.mx

Resumen

Los ecosistemas, su biodiversidad y su ambiente están cambiando rápidamente, y con ello también sus flujos de carbono. Para tener una mejor estimación y predicción de estos cambios en los flujos, no solo necesitamos entender sus controladores abióticos, sino también los controladores biológicos, comúnmente llamados características funcionales. Presentamos avances de nuestro grupo para resolver retos actuales en torno a las características funcionales y flujos de carbono, usando técnicas de teledetección por reflectancia. Reto 1: Hay una pobre cobertura global y temporal en mediciones de características funcionales a nivel vegetación. Desarrollamos un nuevo índice multiespectral con potencial de capturar la variación global multidecadal en el peso foliar específico ($R^2 = 0.64$), característica que influye en múltiples flujos de carbono. Otros índices multiespectrales existentes que se consideran indicadores del contenido de agua y carotenoides, y con ello del nivel de estrés de la vegetación, mostraron un desempeño pésimo al evaluarlos en múltiples biomas y necesitan mayor desarrollo. Reto 2: No sabemos como las mega sequías en México afectan otras propiedades de la vegetación. Usamos productos existentes de sequía (SPEIbase) y de la cantidad de follaje (LAI, MODIS MCD15A3H). Con ellos encontramos que las mega-sequías de los años recientes han disminuido la cantidad de follaje de la vegetación en la mayor parte de México, creando condiciones que reducen la captura neta de carbono de los ecosistemas. Discutimos posibles oportunidades para superar limitaciones actuales de estas aproximaciones y contribuir al entendimiento a gran escala de los flujos de carbono cambiantes.

Palabras clave: *flujos de Carbono, características funcionales, teledetección, cambio global, ecosistemas terrestres*

7.35. Carbono orgánico total en suelos de laderas con *Eucalyptus* spp. y *Quercus* sp encinos en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, México.

Vela-Correa Gilberto^{1,*}; López-Blanco Jorge² y Rodríguez-Gamiño Lourdes³

¹ Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco. Departamento El Hombre y su Ambiente. Laboratorio de Edafología y Absorción Atómica. Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud. C. P. 04960. Alcaldía de Coyoacán, Ciudad de México.

² Global Change Consulting. T. S. de la Barquera 13. Int. B-509. Colonia Merced Gómez, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México.

³ Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía.

* Autor para correspondencia: gvela@correo.xoc.uam.mx

Resumen

La Sierra de Guadalupe, es el último reducto de extensión considerable de áreas cubiertas con vegetación al norte de la Ciudad de México y donde se han llevado a cabo diversos programas de reforestación. El almacenamiento de carbono depende del origen del material parental, la geomorfología y la mineralogía de los suelos. El objetivo de este trabajo fue determinar la cantidad de carbono orgánico total en suelos con vegetación de eucaliptos y de encinos en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Se trabajó en cinco parajes: 1). La Resbaladilla; 2). Piedra Ancha; 3). Los Encinares; 4). Los Llanetes; y 5). Picacho. En cada paraje se seleccionaron dos sitios uno con eucaliptos *Eucalyptus* spp y el otro con encinos *Quercus* sp. En cada sitio, se trazó un círculo de 1,000 m² de superficie, donde se midió el DAP de los árboles mayores a 10 cm de diámetro, así como su altura y cantidad de árboles. El carbono orgánico en suelos (COS) se calculó con base en la ecuación: $COS = CO (Da) \cdot (Ps \cdot A) 1 - Fg 100 \cdot COS_p (0.01)$ donde: COS = Carbono Orgánico de Suelos (t ha⁻¹), CO = Carbono orgánico total (%), Da=Densidad aparente (g cm⁻³), Ps=Profundidad del suelo (m); A = Superficie (m²), Fg = Fragmentos gruesos en el suelo (>2 mm) en %; COS_p = Contenido de carbono orgánico, en %; 0.01 = Factor de conversión de unidades (porcentaje a fracción). Los suelos con encinos son ligeramente ácidos, muy ricos en materia orgánica (MO) y con elevada CIC, en comparación con los de eucalipto que son más ácidos, con menor contenido de MO y CIC. Los encinos, presentaron menores concentraciones de COS, en tres de los parajes estudiados La Resbaladilla, Piedra ancha y los Llanetes con 128, para los dos primeros y 98 kg de COS m⁻² para el último, en comparación con los de eucaliptos donde fue para la Resbaladilla, Piedra ancha y los Encinares de 162, 200 y 128 kg de COS m⁻² respectivamente, calculando una diferencia promedio del 7 % en comparación con los sitios con encinos. Esto se atribuye a que la población promedio de árboles es de 12 de encinos por 51 de eucaliptos con un DAP promedio de 38.19 para los primeros y 17.62 cm para los segundos por cada 100 m², lo que equivale a más del doble de la población por unidad de superficie.

Palabras clave: encinos, eucaliptos, Estado de México, suelos forestales.

7.36. Rancho Tlacoapan, un laboratorio vivo para cuantificar la captura de carbono.

Gonzales-de Cosio Amilcar¹; Guevara-Santamaria Mario A.^{2,*} y Zunun-Torres Amacalli B.²

¹ Rancho Tlaxcoapan, Carretera Tlacote Queretaro, Km 22. Qro MX.

² Instituto de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla, Qro. MX..

*Autor de correspondencia: mguevara@geociencias.unam.mx

Resumen

Gran parte de nuestros suelos en México se encuentra en estado de degradación, lo que provoca pérdida de biodiversidad, afecta la seguridad alimentaria, y contribuye al aumento de gases de efecto invernadero (GEI). Es indiscutible la afección constante al medio ambiente y sus recursos naturales, por lo que resulta importante y necesario cuantificar y evaluar nuestro impacto, en este contexto cuantificar la captura de carbono en el suelo. En el trabajo presente, se estudia a Rancho Tlacoapan un territorio ubicado en el kilómetro 22 de la carretera Tlacote en Querétaro, México, el cual fue un caso de degradación severa en un ecosistema de selva baja caducifolia que ha presentado pérdida de biodiversidad, materia orgánica y erosión de suelos, el territorio engloba por su hidrología al Acuífero Núm.2201 “Valle Querétaro” en estado de sobreexplotación. A partir del año 2001, fueron implementadas medidas rigurosas de conservación que incluyen la exclusión de ganado, revegetación con especies nativas y monitoreo de suelos, lo que ha dado resultados visibles que han sido observados y cuantificados en función de la recarga hídrica a su acuífero, aumento en la materia orgánica del suelo y consecuentemente su capacidad de captura de carbono. Los resultados obtenidos demuestran que Rancho Tlaxcoapan es un territorio que se ha consolidado como un laboratorio vivo de resiliencia ecológica y un referente para estudios sobre secuestro de carbono, restauración en zonas semiáridas y educación ambiental. Actualmente Rancho Tlacoapan se encuentra en proceso de restauración, y ya se evidencian avances significativos en la restauración de sus suelos, proyectándose para la producción agropecuaria sustentable y sostenible. Por lo que la experiencia en Rancho Tlacoapan, nos demuestra que aún en un contexto con alta degradación, revertir estos procesos es posible a través de estrategias integrales basadas en conocimiento técnico, monitoreo constante y compromiso comunitario.

Palabras clave: *degradación ambiental, captura de carbono, medición de carbono, educación ambiental, gestión sostenible.*

Sección 8

SISTEMAS

AGROPECUARIOS



8.1. Uso y efectos del biocarbón en suelos de México: un análisis bibliométrico.

Chávez-García Elizabeth^{1,*} y Benítez-García Montserrat²

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras. Circuito Interior. Ciudad Universitaria, s/n. C. P. 04510. Coyoacán Ciudad de México.

² Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Av. Universidad 3000, Circuito Exterior. Ciudad Universitaria, s/n. C. P. 04510. Coyoacán Ciudad de México.

* Autor para correspondencia: elizabethchavezg@filos.unam.mx

Resumen

El biocarbón es una enmienda empleada para mejorar propiedades del suelo, por lo que ha sido utilizado con diversos fines de remediación y fertilización. Sin embargo, a pesar del creciente interés mundial en este tema, en México se desconoce el número de publicaciones científicas sobre biocarbón. Nuestro objetivo fue analizar información sobre la aplicación de biocarbón en suelos de México. Para ello se hizo una búsqueda y posterior análisis de artículos y tesis hasta el 2022 (se descartaron revisiones, capítulos y resúmenes de congresos). Los documentos fueron revisados y al final quedaron 11 artículos y 4 tesis. Con estos documentos se realizó una base de datos sobre las condiciones de cada estudio y las características del biocarbón y sus efectos. Encontramos que la mayoría de las investigaciones se han llevado a cabo en < 6 meses, en invernadero y con la adición de algún fertilizante. Para la producción de biocarbón predominó el uso de residuos vegetales y la pirólisis (200-800 °C). Respecto al suelo, el pH disminuyó en suelos alcalinos y se elevó en suelos ácidos. La aplicación de biocarbón también incrementó el contenido de materia orgánica, la humedad, la porosidad, la CIC y los nutrientes. Se concluye que el biocarbón muestra efectos positivos y sinérgicos bajo diferentes condiciones. Sin embargo, aún son escasas las investigaciones y poca la información *in situ* y a largo plazo. También es importante saber sobre posibles efectos adversos y sobre las propiedades del biocarbón que pueden afectar el resultado de su aplicación.

Palabras clave: *pirocarbón, fertilidad, degradación del suelo, captura de carbono*

8.2. Evaluación de los almacenes de carbono en sistemas agroforestales de café en la región Montaña de Guerrero.

González-Gallardo Salma¹; Bolaños-González Martín A.^{1,*}; López-Pérez Adolfo¹ y Libert-Amico Antoine²

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carr. México-Texcoco km 36.5, Montecillo C.P. 56264. Texcoco, Estado de México, México.

² Programa Mexicano del Carbono, Morelos 17, San Simón C.P. 56210. Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: martinb72@gmail.com

Resumen

Los sistemas agroforestales (SAF) se muestran como alternativas resilientes frente al cambio global, al combinar la producción de alimentos con la provisión de servicios ecosistémicos, como la fijación de carbono, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. Este estudio evaluó cinco almacenes de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, hojarasca, madera muerta y carbono orgánico del suelo) en SAF de café (policultivo simple, policultivo diverso y rústico), así como en bosques de pino-encino y encino-pino en la región Montaña de Guerrero. La biomasa viva aérea y subterránea se estimó con base en datos de campo y ecuaciones alométricas, mientras que las muestras de suelo y mantillo se analizaron para determinar su masa seca y contenido de carbono mediante combustión vía seca (TOC-VCSN-Shimadzu). Se verificó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($W = 0.985$, $p = 0.959$), y posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) en RStudio. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.123$) entre los tipos de cafetal y los bosques. La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) corroboró que las medias no difieren significativamente entre tratamientos. No obstante, los resultados muestran que los SAF rústicos bajo sombra de pino presentaron, en promedio, los mayores niveles de almacenamiento de carbono ($232.27 \text{ Mg ha}^{-1}$), superando incluso a los bosques templados ($188.33 \text{ Mg ha}^{-1}$). Estos resultados confirman que los SAF de café tienen el potencial de almacenar cantidades significativas de carbono, comparables o incluso superiores a las de ecosistemas forestales de la región.

Palabras clave: *cambio climático, café bajo sombra, captura de carbono y resiliencia agroforestal.*

8.3. Adición de residuos fermentados y compostados de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) y cambios en las emisiones de CO₂ en suelo bajo condiciones de incubación controlada.

Dircio-Salgado Jair^{1,*}; Benedicto-Valdés Gerardo S.¹; Ordaz-Chaparro, Víctor M.¹ y Sánchez-Escudero Julio²

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

² Postgrado en Agroecología, Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

*Autor para correspondencia: dircio.jair@colpos.mx

Resumen

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los vegetales más consumidos en el mundo. Su cultivo genera un promedio de 3.070 t ha⁻¹ de materia seca residual, equivalentes a una reserva de 1.228 t ha⁻¹ de C que, en caso de ser incinerados, pueden liberar hasta 4.49 t ha⁻¹ de C-CO₂ a la atmósfera. Procesos biológicos como el compostaje y la fermentación anaeróbica (bokashi) ofrecen una alternativa para el tratamiento de estos residuos. Este estudio evaluó el efecto del compost y el bokashi, elaborados con residuos de jitomate, sobre la dinámica del carbono en un suelo franco. Se usó un diseño experimental completamente al azar, con tratamientos de compost y bokashi al 2.5 y 5 % p p⁻¹, y un control. Se usaron recipientes plásticos de 0.5 L con 200 g de suelo seco (malla 2 mm) y cuatro repeticiones por tratamiento. Se determinó el contenido pre y post incubación del carbono orgánico total (COT), carbono orgánico fácilmente oxidable (POcX), carbono total (CTD), orgánico (COD) e inorgánico disuelto (CID), las emisiones de CO₂ y la tasa de mineralización total relativa de la enmienda (TME). Los resultados mostraron que el compost promovió una mayor emisión de CO₂ respecto a los suelos tratados con bokashi. Aunque el CTD fue similar en ambos tratamientos; el bokashi incrementó el COD, mientras que disminuyó en el control. La TME fue superior en la composta. Estos hallazgos sugieren que el bokashi es una alternativa para aumentar el carbono orgánico disuelto del suelo y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.

Palabras clave: *compostaje; bokashi; residuo.*

8.4. Servicio de monitoreo de flujos de dióxido de carbono y agua en cultivos de Arizona.

Rojas-Robles Nidia E.^{1,2,*}; Vizuite-Jaramillo Efrain^{1,2}; Haros Alonso^{1,2}; Hobbins Vivian S.^{1,2} y Vivoni Enrique R.^{1,2}

¹School of Sustainable Engineering and the Built Environment, Arizona State University, 660 S College Ave, Tempe, AZ 85281

²Center for Hydrologic Innovations, Arizona State University, 777 E University Dr, Tempe, AZ 85281

*Autor para correspondencia: nrojasro@asu.edu

Resumen

Uno de los desafíos más urgentes que enfrenta Arizona es el manejo sustentable del agua. El estado se encuentra actualmente en alerta debido a la disminución progresiva de sus reservas subterráneas y sus fuentes de agua superficial, agravada por décadas de sequía. Las entradas de agua provenientes de fenómenos climáticos estacionales, como el monzón de Norteamérica del verano y las nevadas invernales, presentan una alta variabilidad, lo que complica aún más el manejo del recurso hídrico. Dado que más del 75% del agua disponible se destina a la agricultura, en las últimas décadas han surgido diversas tecnologías agrícolas para atender esta necesidad crítica. Como parte de estos esfuerzos, el Center for Hydrologic Innovations de Arizona State University ha desarrollado una red de monitoreo para zonas agrícolas compuesta por 12 torres de covarianza de vórtices con conectividad a través de red celular. Estas torres son capaces de medir el intercambio de dióxido de carbono y la evapotranspiración entre la atmósfera y los cultivos. Los sitios de estudio se dividen en dos grupos: seis de control utilizando métodos tradicionales y seis con tratamiento avanzado a base de microalgas, cuyo objetivo es mejorar la salud del suelo. Las torres están distribuidas en cultivos de alfalfa, melón, pistacho, dátil, romero y maíz, cada uno con diferentes esquemas de irrigación y cosecha, lo que permite una evaluación diversa y representativa del uso del agua. A través de un enfoque ecosistémico, el proyecto busca comprender cómo las plantas utilizan el agua de forma eficiente, midiendo la cantidad de carbono asimilado por cada milímetro de agua evapotranspirada. Hasta el momento, se han recopilado entre tres y cinco meses de datos, y se planea continuar con el monitoreo hasta completar los ciclos agrícolas. Esto permitirá comparar de manera rigurosa los efectos del tratamiento con microalgas frente a los sitios de control. Esta información será clave para impulsar innovaciones sustentables que fortalezcan la seguridad hídrica y transformar al método de covarianza de vórtices a un servicio disponible al sector agrícola.

Palabras clave: *uso eficiente del agua, enfoque ecosistémico, covarianza de vórtices, flujos*

8.5. Almacenes de carbono en sistemas agroforestales de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* en Veracruz, México.

Ramírez-Armas Luz M.¹; Bolaños-González Martín A.^{1,*}; López-Pérez Adolfo¹; Macedo-Cruz Antonia¹ y Pazos-Espejel Marni M.²

¹ Posgrado en Hidrociencias, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP 56264, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

² Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM. Investigación Científica s/n, C.U., Coyoacán, 04510 Ciudad de México, CDMX.

* Autor para correspondencia: bolanos@colpos.mx

Resumen

En los últimos años, el cultivo de *Coffea canephora* (robusta) ha ganado terreno *Coffea arabica* (arábigo) impulsado por su mayor tolerancia al calor, resistencia a plagas y enfermedades, y estabilidad en los rendimientos. A diferencia del café arábigo, el robusta prospera con menores niveles de sombra, lo que podría disminuir la capacidad del cafetal para almacenar carbono; no obstante, la información disponible al respecto es limitada. En este estudio se caracterizó y comparó el contenido de carbono en sistemas agroforestales cafetaleros con cultivos de café arábigo y robusta. Se seleccionaron doce sitios de muestreo, distribuidos equitativamente entre ambas especies, localizados en municipios de la región de las Altas Montañas, en Veracruz, México. El muestreo se realizó siguiendo las directrices del IPCC (2013) y el protocolo del Programa Mexicano del Carbono, considerando cinco almacenes principales: biomasa viva sobre el suelo (BVSS), biomasa viva debajo del suelo (BVDS), mantillo (MANT), carbono orgánico del suelo (COS) y madera muerta (MM). Los resultados muestran que el COS es el principal almacén de carbono en ambos sistemas, representando más del 75 % del total, seguido por la BVSS con alrededor del 17 %. Aunque los cafetales de arábigo presentaron una mayor media de carbono total (121 Mg C ha⁻¹) en comparación con robusta (93.8 Mg C ha⁻¹), las diferencias no fueron estadísticamente significativas. No obstante, la alta variabilidad observada en arábigo sugiere un mayor potencial de captura de carbono en sistemas con mayor diversidad estructural y menor grado de intervención. Estos hallazgos refuerzan la importancia del manejo agroecológico y la conservación del suelo como estrategias clave para la mitigación climática en sistemas cafetaleros.

Palabras clave: agroecosistemas; biomasa; carbono orgánico del suelo; mitigación climática.

8.6. Diferencias en la captura de carbono en genotipos de trigo con alta conductancia estomática matutina bajo condiciones de cambio climático.

Pinto González R. Suzuki^{1,*}; Yopez Enrico A.¹ y Garatuza-Payán Jaime¹

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

*Autora para correspondencia: suzuki.pinto19018@potros.itson.edu.mx

Resumen

La captura de carbono constituye un proceso esencial para sostener la productividad agrícola y contribuir a la mitigación de emisiones de CO₂. La conductancia estomática (gs) regula la entrada de CO₂ durante la fotosíntesis, determinando la eficiencia en la fijación de carbono de los cultivos. En este estudio se evaluó la variabilidad genotípica en la captura de carbono del cultivo de trigo bajo dos condiciones: control y calor, este último sometido al incremento artificial de temperatura nocturna (+2 °C). Se establecieron 12 genotipos de trigo elite en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones bajo condiciones experimentales de campo. Se registró la conductancia estomática matutina (gs.Av), conductancia nocturna (gsN), rendimiento de grano (Yld), biomasa (Bm), número de granos (Gn) y la fenología. Los resultados mostraron variabilidad genotípica (P<0.001) para gs.Av. La gsN se redujo en promedio 52.3% bajo calor, con mayores disminuciones en la cara abaxial de la hoja. Al clasificar los genotipos en grupos de alta (Hgs.Av) y baja conductancia matutina (Lgs.Av), se observó que Hgs.Av presentó incrementos de +14% en Yld, +8.8% en Bm y +13.7% en Gn bajo calor, en comparación con Lgs.Av. Asimismo, se encontró una correlación positiva entre gs.Av y Yld (r = 0.60; P=0.039). Estos hallazgos destacan la importancia de la apertura estomática matutina como mecanismo para maximizar la fijación de carbono y el rendimiento en condiciones de estrés térmico, aportando criterios relevantes para programas de mejoramiento genético de trigo en ambientes cálidos.

Palabras clave: *altas temperaturas; mejoramiento; estrés por calor; fisiología vegetal.*

8.7. Almacenamiento de carbono orgánico en suelos de un ecosistema árido: caso de Tepezalá, Aguascalientes, México.

Alonso-Tapia Hugo¹; Meraz-Mercado Marco A.¹; Mendieta-Vázquez Guadalupe A.¹; Torres-González Jorge A.¹; López-Santos Armando² y Meraz Jiménez Antonio de J.^{1,*}

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

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

* Autor para correspondencia: jesus.meraz@edu.uaa.mx

Resumen

El secuestro de carbono en el suelo es una estrategia clave con múltiples beneficios, como la mitigación de gases de efecto invernadero y la mejora de la salud del suelo. Su manejo es esencial para avanzar en la seguridad alimentaria y nutricional, crítica para mitigar y adaptarse a un clima cambiante e incierto. El objetivo de este estudio fue evaluar el almacenamiento de carbono en los suelos del municipio de Tepezalá, Aguascalientes. Para ello, se emplearon los sistemas de información geográfica para definir los puntos de muestreo aleatorios. Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 30 cm para su análisis. Los resultados revelaron que los principales grupos de suelo en el municipio son el Regosol (45 %) y el Cambisol (25 %). La densidad aparente promedio fue de 1.1 g/cm³, y el contenido de materia orgánica alcanzó un 2.5 %, siendo el Fluvisol el grupo con la mayor cantidad. El almacenamiento promedio de carbono en el suelo fue de 49 t C/ha, con valores que oscilaron entre 11 y 155 t C/ha. En el análisis por grupo de suelo, el Fluvisol y el Regosol presentaron niveles muy similares, con 49.2 t C/ha, seguido del Cambisol con 47.6 t C/ha. Con esto se puede determinar que el suelo, además de ser un soporte esencial para el desarrollo de la vegetación, constituye un importante reservorio de carbono, especialmente en ecosistemas áridos, donde las condiciones extremas y las actividades humanas incrementan su vulnerabilidad.

Palabras clave: *degradación del suelo; ecosistemas áridos; materia orgánica*

8.8. Incorporación de residuos agrícolas en suelos calcáreos y su influencia en los flujos de C-CO₂

Oliver-Gorzo Javier C.¹ y Benedicto-Valdés Gerardo S.^{1,*}

¹Colegio de Postgraduados, Edafología, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo. 56230 Texcoco, Estado de México, México.

* Autor para correspondencia: bsergio@colpos.mx

Resumen

En México, cerca del 80 % de los suelos áridos son calcáreos, aunque su dinámica de C-CO₂ ha sido poco estudiada. El presente trabajo evaluó el efecto de la incorporación de residuos agrícolas en un suelo calcáreo de la Comarca Lagunera. Principalmente el flujo de C-CO₂ tras la incorporación de olote y rastrojo de maíz. Se determinaron sus propiedades químicas y físicas. Se incubaron durante 30 días, agregados del suelo (<0.5 mm) con olote y rastrojo, a dosis de 1, 3 y 5 %. El flujo de C-CO₂ se midió cada dos días con un IRGA durante 30 días. Se mantuvo a humedad gravimétrica de 14%, reponiendo pérdidas por evaporación. La incorporación de olote incrementó el flujo de C-CO₂ en los tratamientos con 3% y 5% en comparación con el de 1% y el testigo. En el caso de rastrojo, los tratamientos con 3 y 5% difirieron con el 1% y el testigo. El flujo acumulado fue mayor con olote respecto al rastrojo: 620.00, 1 047.00 y 1 303.00 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, para 1, 3 y 5%, respectivamente. Con rastrojo, fue de 866.00, 904.00 y 1 124.00 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; al 1, 3 y 5 %, correspondientemente El efecto Birch se observó al octavo día, asociado al restablecimiento de humedad. En conclusión, la incorporación de olote y rastrojo, incrementa el flujo de C-CO₂, en suelos calcáreos, aunque el olote genera mayor flujo acumulado. Dosis menores al 1 % de olote o rastrojo tendrían un efecto poco significativo sobre el flujo de C-CO₂.

Palabras clave: *residuos de maíz; humedad del suelo; comarca lagunera; efecto birch.*

8.9. Eficiencia del uso del agua en frijoles (*Phaseolus* spp.) de ambientes áridos y húmedos.

López-López Eduardo G.^{1,3}; Garrido-Mijangos, Sandra J.²; Rosell Julieta A.² y Tarin Tonantzin^{3,*}

¹ Facultad de Ciencias, UNAM, Av. Universidad 3000, Circuito Exterior s/n, Alcaldía Coyoacán, CP 04510, Ciudad Universitaria, CDMX, México.

² Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México

³ Instituto de Ecología, UNAM, Circuito exterior s/n anexo al Jardín Botánico, CP 04510, Ciudad Universitaria, CDMX, México.

*Autor para correspondencia: ttarin@ieecologia.unam.mx

Resumen

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa de mayor consumo humano a nivel mundial como semilla seca y con una gran relevancia socioeconómica. Sin embargo, su cultivo enfrenta limitaciones derivadas de la heterogeneidad ambiental y de la disponibilidad de agua. La variabilidad genética dentro del género *Phaseolus* ha favorecido la existencia de accesiones capaces de adaptarse a condiciones ambientales contrastantes, incluyendo ambientes áridos donde se han desarrollado mecanismos morfológicos y fisiológicos que incrementan la eficiencia en el uso del agua (EUA). El objetivo de este estudio fue evaluar y contrastar la eficiencia de uso de agua intrínseca (iEUA) en cuatro especies silvestres de *Phaseolus*, provenientes de ambientes áridos y húmedos, cultivadas en condiciones de invernadero en la UNAM. Se midió el intercambio gaseoso foliar (fotosíntesis (A), conductancia estomática (g_s) y transpiración (E)) con un IRGA (LI-6800) y se calculó la $iEUA = A/g_s$. Los resultados sugieren que el ambiente de origen de las accesiones (árido vs. húmedo) no tuvo un efecto significativo sobre la iEUA, mientras que los efectos aleatorios de las accesiones anidadas en cada ambiente presentaron diferencias marginalmente significativas y explicaron una parte de la variación. Esto indica que el genotipo determina en mayor medida la respuesta fisiológica que el ambiente de origen, sin embargo, hay factores que tienen mayor influencia sobre la EUA. En conjunto con análisis morfoanatómicos, la iEUA, pueden permitirnos identificar caracteres para el mejoramiento del frijol y, por tanto, mejorar la producción en este cultivo.

Palabras clave: *phaseolus*; invernadero; fotosíntesis; conductancia estomática.

8.10. Los sistemas silvopastoriles mejoran las propiedades físico-químicas del suelo y almacenan más COS comparado con monocultivos de pasto.

Morales-Ruiz Danilo E.^{1,*}; Aryal Deb Raj²; Villanueva-López Gilberto³; Pinto-Ruiz René¹; Ramírez-Díaz Roselía¹; Casanova-Lugo Fernando⁴; Guevara-Hernández Francisco¹.

¹Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas;

²CONAHCYT-ECOSUR, Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche, Campeche, México;

³El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, Tabasco, México

⁴Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Zona Maya, Quintana Roo

*Autor para correspondencia: morales@outlook.com

Resumen

En los últimos 60 años en el estado de Tabasco, la deforestación resultante de la expansión agropecuaria ha ocasionado la pérdida de alrededor del 95 % de la vegetación original, dando paso al establecimiento de monocultivos de pastos de forma extensiva. El objetivo de este estudio fue caracterizar el suelo y cuantificar el almacenamiento de carbono orgánico del suelo en cinco sistemas de pastoreo más comunes dentro del Cañón del Usumacinta Tenosique, Tabasco, México. El muestreo se realizó en: a) plantaciones forestales, b) árboles dispersos en pastizales, c) cercas vivas, d) monocultivo de pastos y e) pastura degradada. Se utilizaron 25 parcelas de 1000 m² cada una. Se hizo una calicata en cada parcela a una profundidad de 100 cm, tomando una muestra para análisis químico y otra para densidad aparente. En laboratorio, se analizó la densidad aparente, la materia orgánica, la textura, el pH, el fósforo y el nitrógeno. Los resultados de DA y nitrógeno no presentaron diferencia estadística significativa entre sistemas. Caso contrario, para fósforo, materia orgánica, óxido-reducción y pH que presentaron diferencias estadísticas significativas entre sistemas. La textura del suelo presentó que PF, ADP, CV, MNP son suelos francos arcillo arenosos; y arcilla para MPD. El almacenamiento de carbono orgánico del suelo varió entre sistemas silvopastoriles, MNP y MPD. Siendo PF y ADP los que almacenan un 29 % más de carbono con respecto al monocultivo de pasto y pastura degradada. Los resultados sugieren que existe una necesidad potencial de ampliar la investigación sobre la dinámica de los minerales en más reservorios y su almacenamiento de COS en diferentes sistemas silvopastoriles y los servicios que estos brindan.

Palabras clave: materia orgánica, carbono, ciclo de nutrientes, sistemas silvopastoriles.

8.11. Cambios en la eficiencia del uso de agua en Atzitzintla, Puebla, durante el último cuatrienio.

Palma-Roque Diana I.^{1,2}; Tarin Tonantzin^{2,*} y Cervantes-Jiménez Mónica³

¹ Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

² Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito exterior s/n anexo al Jardín Botánico, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

³ Laboratorio de Ecología Vegetal, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias s/n Juriquilla, Delegación Santa Rosa Jáuregui, Querétaro.

*Autor para correspondencia: ttarin@ieecologia.unam.mx

Resumen

En México se destinan 24.6 millones de hectáreas a la agricultura, de las cuales el 75% corresponde a agricultura de temporal, que en términos de producción representa únicamente el 28.8% del total nacional (Mendoza *et al.*, 2023). Tal es el caso del municipio de Atzitzintla, Puebla, donde la agricultura es la principal actividad económica, y durante los últimos años se ha percibido una mayor escasez de agua y pérdida de cosechas. Para conocer cuánto carbono es fijado por los cultivos según el uso de agua disponible, se utilizó la eficiencia del uso del agua (EUA), definida como la relación entre la productividad primaria bruta (PPB) y la evapotranspiración (ET). El objetivo de este trabajo es conocer la variación de la EUA en los últimos cuatro años en la zona agrícola del municipio de Atzitzintla, y conocer su relación con la productividad de los cultivos. Se encontró que la EUA incrementa durante periodos de baja precipitación y disminuye cuando la precipitación aumenta, con un valor mínimo de $0.75 \text{ g C mm}^{-1} \text{ H}_2\text{O}^{-1}$ y máximo de $6.0 \text{ g C mm}^{-1} \text{ H}_2\text{O}^{-1}$. Aunque no se encontró una tendencia decreciente, con la demanda progresiva de alimentos y el actual contexto de cambio climático, es fundamental seguir estudiando cómo los cultivos aprovechan el recurso hídrico para poder tener una mejor gestión y planeación del uso de agua.

Palabras clave: *producción primaria bruta; evapotranspiración; imágenes satelitales.*

8.12. Carbono almacenado en sistemas agroforestales de café: bibliometría y meta-análisis.

Tinoco-Rueda Juan Angel^{1,2,*}; Merino-García Agustín²; Valdés-Velarde Eduardo³ y Escamilla-Prado Esteban¹

¹ Centro Académico Regional Sede Huatusco, Universidad Autónoma Chapingo, km 6 carretera Huatusco-Xalapa, Huatusco, Veracruz.

² Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España.

³ Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 carretera Texcoco-México, Texcoco, México.

*Autor para correspondencia: jtinocor@chapingo.mx

Resumen

El café se produce en aproximadamente 75 países y constituye la base económica de cerca de 25 millones de personas en todo el mundo. Los sistemas de cultivo de café basados en sistemas agroforestales (SAF-Café) brindan servicios ecosistémicos como el almacenamiento de carbono (C). Para identificar los potenciales y oportunidades de captura y almacenamiento de C en diferentes sistemas de producción de café se seleccionaron 84 publicaciones de revistas indexadas (Scopus y Web of Science) en el período 2006-2022 y se realizó una revisión sistemática cuantitativa utilizando técnicas de análisis bibliométrico y meta-análisis. Durante el período de tiempo contemplado se observa un incremento en las publicaciones referidas al tema con un total de 1,694 citas. Estados Unidos, Brasil y México destacan como las nacionalidades de los autores de correspondencia. Se registró un promedio de carbono total, considerando biomasa y suelo de 178.9 ± 36.6 MgC ha⁻¹, el carbono orgánico del suelo es el componente con mayor contenido de C (105.4 ± 48.0 MgC ha⁻¹) seguido del carbono en perennes de sombra con 45.2 ± 35.3 MgC ha⁻¹. Se encontraron 156 especies perennes de uso múltiple en el estrato de sombra en donde los géneros *Albizia*, *Cordia*, *Erythrina*, *Ficus*, *Inga*, *Musa*, *Persea* y *Terminalia* son los más representativos. La información sobre este servicio ecosistémico ofrecido por los SAF-Café podría considerarse no solo para mejorar la sostenibilidad del cultivo, sino también para obtener ventajas competitivas en la comercialización del café, contribuyendo al desarrollo de los productores en todo el mundo.

Palabras clave: flujos de carbono; cafeticultura; mitigación del cambio climático.

8.13. Evaluación del impacto de los digestores anaeróbicos en las emisiones de metano derivadas del manejo del estiércol de vacas lecheras en California.

Hopkins-Frediani Francesca M.^{1,*}; Rojas Robles Nidia E.²; Valdez Alyssa¹; Rodríguez Michael³; Marklein Alison⁴; Frausto-Vicencio Isis⁵; Carranza Valerie⁵; González-Rocha Javier⁶; Tasnia Afsara¹; Ranga Thiruvkatachari⁵ y Reyes Mariana¹

¹ Departamento de Ciencias Medioambientales, Universidad de California- Riverside.

² Centro de Innovación Hidrológica, Universidad Estatal de Arizona (ASU).

³ Escuela de Ciencias Naturales, Universidad de California- Merced.

⁴ Terradot.

⁵ California Air Resources Board.

⁶ Departamento de Matemáticas Aplicadas, Universidad de California- Santa Cruz.

*Autor para correspondencia: fhopkins@ucr.edu

Resumen

Las granjas lecheras son la mayor fuente de emisiones de metano en California y desempeñan un papel importante en los planes estatales de mitigación de gases de efecto invernadero. En particular, la ley estatal requiere una reducción de las emisiones de metano en un 40% para 2030 con respecto a los niveles de 2013. El plan para cumplir con estos objetivos requiere la adopción a gran escala de digestores anaeróbicos para capturar el metano producido por el estiércol lechero para su uso como biocombustible. Garantizar el éxito del programa de digestores lecheros requiere observaciones independientes de las reducciones de emisiones de metano. Aquí describimos un conjunto de métodos multidisciplinarios que utilizamos para evaluar los cambios en las emisiones con digestores anaeróbicos, considerando los desafíos que plantea la medición de las emisiones de estiércol. Utilizamos modelos para proyectar el impacto de la política de digestores en las emisiones de metano y descubrimos que los sistemas de observación actuales a escala regional son incapaces de detectar los cambios esperados en las emisiones. En un estudio de caso detallado de una granja bien administrada, observamos reducciones similares a las esperadas por las agencias reguladoras estatales. Sin embargo, las observaciones de teledetección de varias docenas de digestores muestran emisiones más altas de lo esperado, tanto durante la construcción, de la infraestructura asociada, y de forma persistente en algunos casos. Estas observaciones resaltan el riesgo de emisiones fugitivas de metano de estos sistemas. Al mismo tiempo, el estudio de caso *in situ* muestra que es posible una gestión agrícola exitosa y adaptativa con la cooperación y el uso proactivo de las observaciones por parte de los operadores de digestores.

Palabras claves: *mitigación del metano; sostenibilidad agrícola; emisiones GEI*

8.14. Almacenamiento de carbono en agroecosistemas cafetaleros de Chocamán, Veracruz.

Barojas-Durán Gisell^{1,*}; Servín-Juárez Roselia¹; Salinas-Ruiz Josafhat¹; Tinoco-Rueda Juan A.²; Escamilla-Prado Esteban²

¹ Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. ²Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo, km 6 carretera Huatusco-Xalapa, Huatusco, Veracruz.

*Autor para correspondencia: barojas.gisell@colpos.mx

Resumen

El cambio climático es uno de los principales desafíos ambientales a nivel global, impulsado por el incremento de gases de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono (CO₂). Ante esta situación, los sistemas agroforestales han adquirido relevancia como estrategias de mitigación, al capturar carbono atmosférico y almacenarlo en reservorios. Los cafetales bajo sombra destacan por su capacidad para actuar como sumideros de carbono, gracias a su estructura vegetal estratificada y la acumulación constante de materia orgánica en sus distintos componentes. El objetivo de la presente investigación consistió en estimar el carbono almacenado en cinco reservorios (biomasa arbórea, cafetos, herbácea, hojarasca y suelo) de 30 fincas cafetaleras en el municipio de Chocamán, Veracruz. Para los reservorios arbóreo y cafetos se aplicaron ecuaciones alométricas y para el resto se recolectaron muestras en campo para su análisis en laboratorio. Los resultados muestran que las fincas con agroecosistema de policultivo comercial situadas en la localidad de San José Neria presentan los mayores valores de almacenamiento de carbono por hectárea (MgC ha⁻¹). Entre los reservorios evaluados, el suelo almacenó el mayor porcentaje de carbono con rangos del 38-68 % del total por hectárea. Este predominio se atribuye a la riqueza de materia orgánica acumulada, favorecida por la cobertura vegetal permanente, sumado con el asocio de café y plátano, que, mediante su manejo agronómico y la alta densidad de plantas por hectárea, contribuye a generar una mayor capacidad de almacenar carbono. El policultivo comercial hoy en día se puede considerar como un sumidero de carbono estable, predominante y económicamente rentable, con gran potencial para estrategias de mitigación y posibles esquemas de mercado de carbono.

Palabras clave: *cafeticultura, servicios ecosistémicos, almacenamiento de carbono, agroecosistemas.*

8.15. Evaluación del manejo de labranza y fertilización en la dinámica del carbono del suelo en sistema milpa, Querétaro.

Hernández-Jiménez Alejandra^{1,2,*}; Fuentes-Romero Elizabeth¹ y Robles Rivera Jessu C.¹.

¹ Facultad de Ciencias Naturales UAQ, AV. de las Ciencias S/N C. P. 76230 Juriquilla, Querétaro, México.

² Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación UNAM, Boulevard Juriquilla 3001 C. P. 76230 Juriquilla, Querétaro, México.

*Autor para correspondencia: ahernandez174@alumnos.uaq.mx

Resumen

La labranza y la fertilización son prácticas agrícolas que repercuten de forma directa en la dinámica edáfica del carbono y pueden contribuir o mitigar la emisión de gases de efecto invernadero. Sin embargo dichas prácticas son influenciadas por factores muy específicos de la zona y repercuten en la producción agrícola. En el presente estudio, se evaluaron los efectos de dos sistemas de labranza (convencional y mínima) y cuatro tratamientos de fertilización (lombricomposta, estiércol, fosfato diamónico y testigo) sobre variables de carbono total, nitrógeno total, carbono almacenado, respiración del suelo, densidad aparente, pH y estabilidad de agregados en un sistema milpa en Vertisoles de clima semiárido del municipio de Querétaro. Las mediciones se realizaron al inicio y al final del ciclo agrícola, mientras que la respiración del suelo se monitoreó de manera mensual a lo largo de todo el ciclo. Los resultados mostraron que la labranza convencional presentó mayores emisiones de CO₂ en comparación con la labranza mínima, especialmente en parcelas con aplicación de lombricomposta, mientras que el carbono almacenado se mantuvo relativamente constante en los distintos tratamientos. Las diferencias en nitrógeno total, densidad aparente y pH fueron poco pronunciadas entre tratamientos, aunque se observaron tendencias hacia una mayor estabilidad de agregados en la labranza mínima. El análisis temporal de la respiración del suelo reflejó fluctuaciones mensuales asociadas a la disponibilidad de materia orgánica y las condiciones climáticas del sitio. Los datos obtenidos permiten identificar patrones claros en la dinámica del carbono bajo distintas prácticas de manejo, aunque se requiere un análisis más detallado para comprender con precisión los mecanismos que regulan la acumulación y liberación de carbono en este sistema agrícola.

Palabras clave: *labranza mínima, sistema milpa, vertisoles, almacén de carbono, producción agrícola*

8.16. Captura de carbono en sistemas agroforestales de café bajo diferentes tipos de sombra y bosque en Chiapas.

*Molina-Alvarado Daniel¹; Raj-Aryal Deb²; Morales-Ruíz Danilo E.¹; Casanova-Lugo Fernando³; Venegas-Venegas José A.²; Guevara-Hernández Francisco² y Pinto-Ruíz René²

¹ Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V. Universidad Autónoma de Chiapas

² Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V. Universidad Autónoma de Chiapas.

³ Tecnológico Nacional de México-Campus IT Zona Maya.

*Autor para correspondencia: daniel.molina31@unach.mx

Resumen

En el mundo entero se han reflejado los efectos del cambio climático por el aumento de la temperatura, teniendo efectos negativos en el funcionamiento de los sistemas de producción. Por ello, es necesario buscar alternativas que permitan mitigar dichos efectos. Los sistemas agroforestales de café (SAF's) tienen la capacidad de almacenar importantes cantidades de carbono (C). En Villa Corzo, no existen estudios que demuestre el almacenamiento de C en estos sistemas. El objetivo fue evaluar el almacenamiento de carbono en SAF's de café bajo diferentes tipos de sombra en el municipio de Villa Corzo, Chiapas, México. Se evaluaron tres tipos de sombra, tradicional, mixto, especializado y bosque. Se muestreó la biomasa arbórea viva, arbustos de café y suelo (0-10, 10-20 y 20-30 cm) entre enero-marzo de 2025. Se realizó prueba de normalidad y homogeneidad de los datos, ANOVA y comparación de medias (Tuckey 0.05). Se encontró mayor almacén de C en los arbustos del bosque comparado con arbustos de café. No hubo significancia en el carbono orgánico del suelo ($p > 0,05$). Sin embargo, el total (0-30) fue mayor en el sistema especializado $157.4 \text{ Mg C ha}^{-1}$ sobre tradicional y mixto. En biomasa arbórea se almacena mayor C en el bosque seguido del tradicional y mixto. Los SAF's de café son una práctica viable con potencial para el almacenamiento de C y que dicho almacén depende del tipo de sistema y de especies utilizadas para sombra, por lo que, es de suma importancia mantener la sombra, particularmente de especies nativas.

Palabras claves: *cambio climático; almacén; aumento de temperatura; sistemas; sombra.*

8.17. Dándole sentido fisiológico a IVs satelitales para monitorear la fijación de carbono en cultivos agrícolas.

Chávez-Valenzuela Martín de Jesús^{1,*}; Hinojo-Hinojo César¹; Barraza-Guardado Ramón H.¹; Romo-León José R.¹; Cervantes-Jiménez Mónica² y Gamon John³

¹ Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora

² Universidad Autónoma de Querétaro.

³ University of Nebraska–Lincoln

*Autor para correspondencia: martin.chavezvalenzuela@unison.mx

Resumen

La agricultura transforma el ciclo del carbono: además de fijarlo mediante fotosíntesis, también emite gases de efecto invernadero. Su resiliencia depende de que los cultivos mantengan un desempeño fisiológico que fomenten la captura de carbono. Este estudio propone a la Productividad Primaria Bruta (PPB) como variable central, usando índices de vegetación (IVs) multiespectrales para describir características foliares que determinan dicho proceso. Se analizaron datos de más de 60 torres de covarianza en cultivos agrícolas diversos (C3, C4, anuales y perennes) para estimar la PPB y calibrar una metodología de monitoreo con IVs. Se aplicaron regresiones lineales múltiples para identificar el IV más generalizable y se evaluaron combinaciones de IVs mediante Random Forest. El índice más consistente fue SLAVI, que es sensible a LAI, agua y clorofila, con $R^2 = 0.71$ y baja dependencia del factor sitio (28% de la variabilidad atribuida a diferencias entre sitios), lo que refleja su mayor potencial de generalización. En contraste, la combinación $MSI \times SIPI$ alcanzó $R^2 = 0.68$, lo que sugiere que un solo IV parsimonioso puede ser más eficaz que combinaciones complejas. La fortaleza de SLAVI radica en que ya integra señales de varias características importantes, otorgándole simplicidad y generalidad para el monitoreo de la PPB agrícola. En conclusión, este estudio muestra que los IVs no solo predicen la PPB, sino que permiten interpretarla como expresión de características fisiológicas comunes. Esto abre la posibilidad de usar herramientas simples y accesibles para traducir dinámicas espectrales en indicadores de captura de carbono y resiliencia agroalimentaria.

Palabras clave: *productividad primaria bruta; índices de vegetación; agricultura; carbono; fisiología.*

8.18. Respuestas edáficas al sobrepastoreo y muros de piedra en pastizales semiáridos: carbono lábil y bacterioma.

Nava-Reyna Erika^{1,*}; Sánchez-Ledesma Judith A.²; Sigala-Rodríguez José A.³; Constante-García Vicenta¹ y Basave-Villalobos Erickson³

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta (CENID-RASPA), Margen Derecho del Canal de Sacramento km 6.5, CP. 3514, Gómez Palacio, Durango, México.

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

³ INIFAP-CIRNOC - Campo Experimental Valle del Guadiana, Kilómetro 4.5 Carretera Durango-El Mezquital, C.P. 34170, Durango, Durango, México.

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

Resumen

La degradación del suelo, impulsada por el sobrepastoreo y la erosión hídrica, compromete la productividad y la salud de los ecosistemas. Este estudio evaluó el impacto del pastoreo y de muros de piedra (como obra de conservación) en la materia orgánica del suelo (MOS), el carbono lábil (C-lábil) y las comunidades bacterianas. Se compararon cinco zonas: un pastizal conservado (excluido 2 años), uno semiconservado (excluido pero abierto nuevamente al pastoreo 1 año antes) y tres posiciones entre muros (parte alta, media y baja). Los resultados mostraron que la MOS fue mayor en el área conservada y en las partes media y baja de los muros. Por el contrario, el C-lábil, fracción más disponible de la MOS, fue mayor en las zonas de los muros. El análisis microbiano reveló que géneros *Oceanirhabdus*, *Paracidobacterium* y *Undibacter* se correlacionaron con la MOS, mientras que *Butyrivibrio*, *Constribacter*, *Corynebacterium* y *Stackebrandtia* lo hicieron con el C-lábil. Así, se demostró que las prácticas de manejo del suelo, como el control del pastoreo y la implementación de obras de conservación, son cruciales para mantener la salud de los ecosistemas terrestres. La erosión hídrica, exacerbada por el pastoreo, afecta negativamente tanto a las propiedades fisicoquímicas del suelo como a las comunidades microbianas que desempeñan un papel vital en el ciclo de nutrientes, mientras que la implementación de muros de piedra demostró ser una medida efectiva para mitigar estos efectos, favoreciendo la recuperación del suelo y la rehabilitación de los ecosistemas degradados.

Palabras clave: *sobrepastoreo; obras de conservación de suelo; comunidades bacterianas del suelo.*

8.19. El potencial de la agricultura de conservación y el enriquecimiento orgánico en el almacenamiento de carbono en el sistema de producción de milpa, Querétaro.

Hernández-Jiménez Alejandra¹; Robles-Rivera Christopher¹ y Fuentes-Romero Elizabeth²

¹ Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. Av. de las Ciencias s/n, Juriquilla, Querétaro, Qro. C.P.76230

² Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación. Facultad de Ciencias, UNAM. Blvd. Juriquilla 3001, Juriquilla, la mesa, 76230 Juriquilla, Qro

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

Resumen

El suelo con bajo contenido de carbono puede secuestrar carbono si se implementa un manejo adecuado que favorezca su acumulación. El continuo manejo conlleva disminución del almacén debido al flujo de CO₂, del suelo a la atmósfera, aunque en suelos con un alto contenido de arcillas se ve favorecida la retención del carbono, aunque el continuo manejo intensivo puede causar la degradación del suelo. El trabajo se realizó en la comunidad agrícola de la Carbonera, municipio de Querétaro, con influencia volcánica del Mioceno con materiales dacíticos e ignimbritas. El tipo de suelo dominante es Vertisols y Leptosols y el uso es agrícola de temporal. El estudio se realizó en parcelas divididas con dos factores: labranza (de conservación y convencional) y fertilización (humus, estiércol y sulfato de amonio) y el control. El objetivo del trabajo fue evaluar la estabilización del carbono orgánico, mediante la estabilidad estructural y la emisión de CO₂, en un sistema de milpa con labranza de conservación. Los resultados mostraron que el almacenamiento de carbono inicial fue de 9-12 Mg ha⁻¹ en tratamientos con estiércol y humus, aumentando entre 1.4 y 1.5 veces al concluir el experimento. En el control, el carbono se incrementó hasta 4.5 veces, alcanzando 14 Mg ha⁻¹. La estructura del suelo pasó de bloques grandes y prismas poco estables a bloques subangulares medianos y pequeños con estabilidad moderada a baja tras la adición orgánica. La emisión de CO₂ fue de 150-200 mg m² día⁻¹, disminuyendo entre 0.5 a 1.3 veces respecto al inicial. Estos resultados confirman que el Vertisol responde positivamente al manejo con compuestos orgánicos, favoreciendo la captura y secuestro de carbono.

Palabras clave: *almacén de carbono, estructura, CO₂*

8.20. Soluciones climáticas basadas en la naturaleza mediante el monitoreo integrado de carbono, agua y nutrientes en un bosque templado de México.

Villarreal Samuel^{1,2}; Gaxiola-Ortiz Francisco¹; Diaz-Rosales Mónica^{1,3} y Sandoval-Herrera Maya¹.

¹ Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C., Departamento de ingeniería Sustentable. Calle CIMAV #110, Ejido Arroyo Seco, CP 34305. Durango, Dgo.

² Laboratorio Nacional Conahcyt MexFlux: Monitoreo de Gases de Efecto Invernadero en Ecosistemas. Calle antigua a Coatepec #351, Colonia El Haya, CP 91073, Xalapa, México.

*Autor para correspondencia: samuel.villarreal@cimav.edu.mx

Resumen

Se propone establecer un observatorio ambiental en un Área Natural Protegida en la Sierra Madre Occidental. Para cuantificar y comprender los flujos de carbono y agua en ecosistemas templados de pino-encino, los cuales proveen de servicios ecosistémicos. El objetivo es generar información científica robusta que respalde la conservación, el manejo forestal sostenible y la evaluación de políticas ambientales. El estudio abordará procesos como la fotosíntesis, respiración del ecosistema, evapotranspiración, ciclado de nutrientes —con énfasis en el nitrógeno— y la biodiversidad microbiana del suelo. Se analizará cómo el clima, la estacionalidad y la disponibilidad hídrica influyen en la microbiota edáfica y cómo estas interacciones regulan la productividad y el crecimiento forestal. La metodología integrará monitoreo continuo mediante un sistema de covarianza vórtices, análisis genómicos para caracterizar comunidades microbianas y su papel en el ciclado de nutrientes, y modelos ecosistémicos basados en procesos. Esta aproximación permitirá vincular datos de campo con simulaciones para anticipar las respuestas del bosque bajo distintos escenarios de cambio climático. Se generarán bases de datos de alta resolución sobre flujos de CO₂ y H₂O, junto con la caracterización de la microbiota edáfica. Los resultados contribuirán a integrar la dinámica fenológica y fisiológica de la vegetación con el metabolismo del suelo, apoyando la evaluación del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Durango (2025–2035) y la validación del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero – Durango (2010–2022), fortaleciendo así el diseño de políticas públicas basadas en evidencia científica.

Palabras clave: *soluciones climáticas basadas en la naturaleza, balance de carbono y agua, resiliencia forestal, adaptación al cambio climático, políticas ambientales.*

Sección 9

SISTEMAS
HUMANOS



9.1. Entendiendo la crisis climática

De Gasperin-Quintero Ornela^{1,*}

¹ Investigadora Titular A, red de Ecoetología, INECOL, A.C., Miembro del Laboratorio Nacional de Biología de Cambio Climático

*Autor para correspondencia: ornela.degasperin@inecol.mx

Resumen

La ciencia es clara, “Las actividades humanas [...] han inequívocamente calentado el planeta” (IPCC, AR6). Según el sexto y último reporte del Panel Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC, AR6, 2021-2023), la trayectoria mundial en la que estamos nos llevará a un aumento en la temperatura global promedio de 3.2 °C en relación con niveles preindustriales para finales de siglo. Más preocupante es que varios sistemas climáticos globales tienen **puntos de inflexión o puntos de quiebre**: umbrales que una vez cruzados llevarían a cambios drásticos e irreversibles en el sistema, aunque se frenara el calentamiento global (IPCC, AR6, 2021-2023). Varios de los **umbrales críticos** de estos sistemas están completamente por debajo de esta temperatura proyectada por el IPCC (3.2 °C). A pesar del consenso científico, de los múltiples acuerdos tomados a nivel internacional a través de más de tres décadas, y de las ya 29 Conferencias de las Partes, se han emitido más gases con efecto invernadero en las tres últimas décadas, desde que se tomaron los primeros acuerdos internacionales para “prevenir la interferencia antropogénica peligrosa con los sistemas climáticos del planeta”, que en toda la historia humana previa. ¿Por qué, a pesar del consenso, y de lo eminentemente riesgoso que es la crisis climática, no logramos frenar esta crisis? En esta charla hablaremos de las causas subyacentes de la crisis climática, y de los impactos sociales actuales y futuros.

Palabras clave: *crisis climática, puntos de inflexión, límites planetarios.*

9.2. Red de monitoreo de flujos de carbono, agua y energía en Phoenix, Arizona.

Rojas-Robles Nidia E.^{1,2,*}; Mítu, Khayrun N.^{1,2}; Vizúete-Jaramillo Efrain^{1,2}; Haros Alonso^{1,2}; Pérez-Ruiz Eli R.³; Sun Xiangmin y Vivoni Enrique R.^{1,2}

¹ School of Sustainable Engineering and the Built Environment, Arizona State University, 660 S College Ave, Tempe, AZ 85281

² Center for Hydrologic Innovations, Arizona State University, 777 E University Dr, Tempe, AZ 85281

³ 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.

*Autor para correspondencia: nrojasro@asu.edu

Resumen

Estamos atravesando una etapa de intensos cambios globales, marcada por récords históricos de altas temperaturas, prolongadas sequías y una creciente frecuencia de eventos climáticos extremos. La zona metropolitana de Phoenix representa un punto crítico donde todas estas amenazas convergen, agravadas por un acelerado proceso de urbanización en las últimas décadas. Este crecimiento ha alterado significativamente los balances de energía, agua y materia en el entorno urbano. Con el objetivo de obtener información de alta resolución sobre cómo el tipo de cobertura superficial y las actividades antropogénicas influyen en estos balances y en la calidad atmosférica, el **Centro de Innovaciones Hidrológicas**, en colaboración con el **Laboratorio Integrado del Suroeste (SW-IFL, por sus siglas en inglés)**, han establecido una red de monitoreo de flujos de carbono, agua y energía mediante la técnica de **covarianza de vórtices**. Esta red está compuesta por cuatro torres ubicadas en zonas con distintos tipos de cobertura superficial: Vegetación desértica nativa, un parque urbano irrigado, una área residencial de densidad media, un estacionamiento y zona mixta con edificios, suelo desnudo y obras en construcción. Tres de estas torres son permanentes y una es móvil, lo que permite una mayor flexibilidad para estudiar distintos entornos urbanos. Este esfuerzo comenzó en el verano de 2024 y tiene como propósito abordar desafíos clave como: el uso eficiente del agua, la mitigación del calor extremo, la evaluación del efecto de enfriamiento por irrigación en espacios verdes, la relación entre las actividades humanas y los flujos de energía, agua y carbono, la generación de datos para modelos climáticos urbanos, la caracterización de la contaminación del aire y la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. A largo plazo, esta iniciativa busca proporcionar información crítica a tomadores de decisiones y responsables de políticas públicas con el fin de diseñar estrategias efectivas de mitigación y fortalecer la resiliencia urbana frente al cambio climático.

Palabras clave: *covarianza de vórtices, balance de agua y energía, irrigación, calor extremo.*

9.3. Modelo dinámico para la estimación de CO₂e de residuos sólidos urbanos en Cajeme, Sonora.

Benítez-López Joseline^{1,*}; Yépez Enrico A.² y Robles-Morua Agustín²

¹ Posgrado en Ciencias de la Ingeniería, Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de Febrero 818 Sur, Colonia Centro, C.P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México

² Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente-Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de Febrero 818 Sur, Colonia Centro, C.P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México

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

Resumen

El estado de Sonora, México cuenta con muy poca o nula información a nivel municipal sobre la generación de emisiones de efecto invernadero (GEI) provenientes de los residuos sólidos urbanos (RSU), lo que genera que haya una gran incertidumbre en los inventarios de emisiones estatales y nacionales, y dificulta que se planteen metas de reducción o estrategias de mitigación locales. Cajeme es el segundo municipio con mayor población en Sonora, quienes generan en promedio 124,579 Ton/Año de RSU de las cuales aproximadamente el 85% llegan al sitio de disposición final (SDF). El objetivo de este estudio fue generar un modelo dinámico usando el software Stella Architec® para estimar las emisiones de CO₂e provenientes del SDF de RSU de Cajeme, Sonora que pueda ser un replicable para otros municipios de México. El modelo generado sigue las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) la cual contabiliza las emisiones de CH₄ generadas por la descomposición de los componentes orgánicos en los RSU que se depositan en el SDF. Se generaron 7 tipos de módulos: M1) Generación de RSU, M2) Disposición de RSU, M3) Composición de RSU, M4) Descomposición por componente, M5) Emisiones de CH₄ por componente, M6) Emisiones totales de CH₄ en el SDF y M7) Emisiones totales de CO₂e. El modelo estimó una generación de 134,858 Ton de RSU con una incertidumbre de ±24.93% en Cajeme para 2024 de las cuales 114,629 Ton llegan al SDF calculándose una emisión total de 175,857 Ton de CO₂e.

Palabras clave: *sitio de disposición final; generación de residuos, emisiones de metano, sistemas dinámicos.*

9.4. Los registros de plantas revelan patrones espaciales a escala fina del dióxido de carbono de combustibles fósiles cerca de almacenes y carreteras.

Hopkins-Frediani Francesca M.¹; Yáñez-Felix Cindy C.²; Delgado Andrea²; Czimczik Claudia I.³; Bachant Ian³ y Guaciara dos Santos Winston³

¹ Departamento de Ciencias Medioambientales, Universidad de California- Riverside

² California Air Resources Board

³ Departamento de la Ciencia del Sistema Terrestre, Universidad de California- Irvine

*Autor para correspondencia: fhopkins@ucr.edu

Resumen

Abordar el cambio climático requiere reducir la principal fuente de forzamiento climático: las emisiones de dióxido de carbono provenientes de combustibles fósiles. La combustión de combustibles fósiles en el transporte de personas y mercancías es la principal fuente de estas emisiones en California; sin embargo, medir el dióxido de carbono derivado de combustibles fósiles es un gran desafío debido a la gran magnitud y variabilidad de los flujos naturales de dióxido de carbono. El radiocarbono (^{14}C) es una herramienta que nos permite separar el dióxido de carbono proveniente de combustibles fósiles de los flujos naturales, pero su baja abundancia dificulta la medición en muestras de aire. El uso de muestras de plantas y su contenido de radiocarbono en áreas urbanas es una técnica poderosa para mapear el alza de dióxido de carbono provenientes de combustibles fósiles y vincularla con las actividades humanas ya que las plantas incorporan el radiocarbono del aire durante su crecimiento. En este estudio, utilizamos muestras de zacate y núcleos de árboles para explorar los impactos de los patrones de transporte en el dióxido de carbono proveniente de combustibles fósiles. Las muestras de zacate revelan el impacto de las carreteras en alzar el nivel de dióxido de carbono provenientes de combustibles fósiles, y el muestreo repetido revela el impacto de los cambios en los patrones de tráfico en estos puntos críticos. Los núcleos de árboles documentan el aumento, muy localizado pero considerable, de los niveles de dióxido de carbono derivado de la construcción de almacenes y centros de distribución, así como del crecimiento demográfico regional. En resumen, las muestras de radiocarbono de plantas permiten cartografiar los cambios en el dióxido de carbono de los combustibles fósiles en el espacio y el tiempo, lo que abre la posibilidad de verificar las medidas de mitigación y evaluar el impacto espacial de las emisiones de la combustión.

Palabras claves: *radiocarbono; contaminación del aire.*

9.5. Escenarios de flujos urbanos: Influencia de actividades antropogénicas y eventos climáticos en flujos superficie-atmósfera en un campus universitario en Ciudad Juárez, México.

Pérez-Ruiz Elí Rafael^{1,*}; Vázquez-Gálvez Felipe A.¹; Hernández-García Yazmin G.¹; Flores-Tavizón Edith¹; Zelaya-Guerrero Evelin C.² y Ortíz-Álvarez Abraham³

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 Estudiante de la Maestría en Estudios y Gestión Ambiental, 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.

³ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Blvd. Adolfo Ruíz Cortines 4209, Jardines en la Montaña, 14210, Coyoacan, Ciudad de México.

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

Resumen

La urbanización acelerada, particularmente en regiones áridas y semiáridas, constituye un desafío ambiental de gran magnitud, ya que implica la sustitución de superficies naturales permeables, como suelos y áreas vegetadas, por materiales artificiales con alta capacidad de almacenamiento de calor e impermeabilidad, tales como concreto y asfalto. Estos cambios en el paisaje no solo reducen la capacidad del entorno para regular el flujo natural de agua y energía, sino que también intensifica fenómenos como el incremento de la temperatura superficial, la disminución de la evapotranspiración y la alteración de los ciclos biogeoquímicos. En consecuencia, se generan desequilibrios en los intercambios de calor, vapor de agua y dióxido de carbono entre la superficie y la atmósfera, lo que repercute directamente los balances de energía, agua y carbono. En este estudio se analizan diferentes escenarios que permiten evaluar cómo las actividades antropogénicas y la variabilidad climática inciden en los flujos turbulentos de energía, vapor de agua y dióxido de carbono. El análisis se llevó a cabo en el sitio de monitoreo MX-Iit: Instituto de Ingeniería y Tecnología - UACJ, un campus universitario representativo de entornos urbanos en zonas áridas, ubicado en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. El uso de la técnica de covarianza de flujos turbulentos, junto con registros meteorológicos, sensores remotos, además del registro y monitoreo de actividades antropogénicas y sucesos climáticos extremos, ofrece una oportunidad única para comprender las dinámicas de intercambio entre la superficie urbanizada y la atmósfera. Los escenarios considerados incluyen tanto actividades antropogénicas, como el inicio y cierre de ciclos escolares, la realización de eventos masivos de carácter académico, cultural o recreativo, y los cambios derivados de la pandemia de COVID-19, así como la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos característicos de la región, tales como sequías prolongadas, heladas, tolvánicas y episodios de precipitación limitada o extrema. El análisis conjunto de estos factores ofrece una perspectiva integral para comprender la interacción entre urbanización, clima y procesos ecosistémicos en ambientes áridos.

Palabras clave: *factores antropogénicos; variabilidad climática; covarianza de vórtices.*

9.6. Variabilidad temporal de la pérdida de vegetación en el Parque Público Federal “El Chamizal” utilizando sensores remotos y SIG.

Magaly Ruiz Gómez¹, Pérez-Ruiz Elí Rafael^{2,*} y Sergio Alvarado Soto²

¹ Estudiante de la Maestría en Estudios y Gestión Ambiental, 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 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.

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

Resumen

El Parque Público Federal “El Chamizal”, ubicado en Ciudad Juárez, Chihuahua, es considerado uno de los espacios verdes más importantes de la ciudad, ya que contribuye a la regulación del microclima urbano, funciona como refugio de biodiversidad y ofrece un área de recreación para la población. Sin embargo, en los últimos años ha mostrado una reducción notable en su cobertura vegetal, atribuida tanto a la presión del entorno urbano y al uso intensivo del espacio (recreación, deporte, cultura, comercio, etc.), así como a la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos, como sequías y heladas. Ante esta situación, resulta indispensable analizar la dinámica temporal de su vegetación para generar información que apoye estrategias de manejo y conservación. Este trabajo tiene como objetivo estudiar la variabilidad temporal en la pérdida de vegetación del Parque Público Federal “El Chamizal” utilizando imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para ello, se empleó una combinación de diversas series multitemporales de imágenes, incluyendo imágenes obtenidas de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), así como imágenes multiespectrales obtenidas del Programa Nacional de Imágenes Agrícolas (*National Agriculture Imagery Program*, NAIP) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (*United States Department of Agriculture*, USDA) y de los productos *PlanetScope* y *SkySat* de *Planet Labs Inc.* El periodo de estudio comprendió de 2010 a 2024. Los análisis incluyeron series temporales del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) para determinar variaciones espaciotemporales en la respuesta de la vegetación, clasificaciones supervisadas para determinar cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo del parque, así como el uso de algoritmos de detección de árboles para el conteo individual de árboles. Los resultados muestran una reducción progresiva de la cobertura vegetal en diferentes secciones del parque, principalmente en aquellas cercanas a la infraestructura urbana y en zonas con mayor presión antropogénica. También se observaron periodos de recuperación parcial vinculados a reforestaciones y a años con mayor disponibilidad de agua. En conjunto, los hallazgos reflejan un patrón heterogéneo de degradación que confirma la vulnerabilidad del parque frente a las presiones antropogénica y climáticas. El estudio demuestra que los sensores remotos y los SIG son herramientas efectivas para el monitoreo a largo plazo de áreas verdes urbanas.

Palabras clave: *vegetación urbana; pérdida de vegetación; El Chamizal.*

9.7. Experiencias educativas en mapeo digital de suelos en la UNAM.

Guevara-Santamaria Mario A.¹; Arroyo-Cruz Carlos E.¹; Varón-Ramírez Viviana M.¹ y Blancas-Zamora K. Julieta¹

¹ Instituto de Geociencias, UNAM, Blvd. Juriquilla 3001, Juriquilla, Querétaro, México.

* Autor para correspondencia: mguevara@geociencias.unam.mx

Resumen

El mapeo digital de suelos (MDS), ha experimentado un creciente interés en disciplinas, como la agricultura, la planificación urbana, la conservación del medio ambiente y la investigación. Con el objetivo de institucionalizar y avanzar en la investigación del MDS en México y países de América del Sur, en 2020, se creó el primer grupo de trabajo universitario en MDS, por el Instituto de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En 2023, el grupo desarrolló e implementó el primer Curso de Capacitación en el Mapeo Digital de Suelos en México y su potencial de captura de carbono, dirigido a comunidades de habla hispana, avalado por la Red de Educación Continua de la UNAM. El programa está diseñado como un curso técnico integral, estructurado en módulos que combinan aspectos teóricos, prácticos y aplicados de la pedometría. Su objetivo es dotar a los participantes de conocimientos y herramientas esenciales para hacer operativos los sistemas de inferencia espacial para la cartografía digital de suelos. Hasta 2024, el programa ha formado dos generaciones, con un total de 126 participantes de 12 países diferentes, los cuales han generado 25 informes de proyectos aplicados, siendo el carbón orgánico, uno de los conceptos clave más repetidos dentro del interés de los integrantes. Estos resultados ponen en evidencia el impacto y alcance internacional de esta iniciativa, lo cual sitúa como prioridad la estimación del carbono orgánico y otras propiedades clave del suelo, como un módulo dentro del curso, potencializando de esta forma el empleo del MDS en dichos tópicos en comunidades de habla hispana. Con este trabajo, buscamos impulsar el desarrollo de soluciones técnicas y prácticas del MDS, convocando a la colaboración interdisciplinaria y a la integración de herramientas de percepción remota e IA. Proyectamos próximos resultados significativos, en donde se logre consolidar al programa de capacitación, como una formación hispana y especializada de referencia internacional.

Palabras clave: *clasificación digital de los suelos; geoestadística; pedometría; variabilidad espacio-temporal del suelo.*

PMG

Programa Mexicano del Carbono

RED TEMÁTICA DEL CONAHCYT



Medio Ambiente
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO



Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



**OPEN SOCIETY
FOUNDATIONS**



PUAS
Programa Universitario de
Alimentación Sostenible



PUEIS
Programa Universitario de Estudios
Interdisciplinarios del Suelo



Stanford | México Clean
Economy 2050