

Informe Final

Cuerpos Acuáticos Epicontinentales: Papel en la Dinámica del Carbono y Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en México

Responsable:

Dr. Javier Alcocer Durand

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM

Colaboradores

Dra. Margarita E. Caballero Miranda

Instituto de Geofísica, UNAM

Dr. Felipe García Oliva

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad,
UNAM

Colaborador externo

Dr. Salvador Sánchez Carillo

Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de
Investigaciones Científicas, Madrid, España

Marzo de 2025

Resumen

Los cuerpos acuáticos epicontinentales, aunque ocupan solo el 1% de la superficie terrestre, desempeñan un papel clave en el ciclo del carbono (C). Lejos de ser conductos pasivos, almacenan, procesan y emiten más de la mitad del C que reciben, influyendo en el flujo hacia los océanos y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). El C en estos ecosistemas se encuentra en formas orgánicas e inorgánicas, disueltas o particuladas, procedentes de fuentes alóctonas (entorno terrestre) y autóctonas (generadas dentro del ecosistema acuático). En México, los cuerpos acuáticos tropicales tienen un papel destacado en el transporte y emisión de C, con valores elevados de evasión y enterramiento debido a temperaturas elevadas y al incremento de actividades antrópicas. Ante el cambio climático, es crucial evaluar y gestionar estos ecosistemas para mitigar sus efectos y mejorar los modelos del ciclo del C a nivel global.

A continuación se presenta el informe final del proyecto “Cuerpos Acuáticos Epicontinentales: Papel en la Dinámica del Carbono y Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en México”. El proyecto conjunto, en primera instancia, la información publicada existente sobre los almacenes y flujos tanto verticales como horizontales del carbono en los cuerpos acuáticos epicontinentales mexicanos. Así mismo el proyecto permitió generar información sobre el carbono en cuerpos acuáticos mexicanos selectos tales como el lago Alchichica, Puebla, los lagos del Nevado de Toluca, EDOMEX, las Lagunas de Montebello, Chiapas y el río Usumacinta, Tabasco y Chiapas. Al momento los productos que se han generado son 19 artículos y 20 capítulos en libros, así como 12 tesis titulados, 4 de doctorado, 4 de maestría y 4 de licenciatura.

Introducción

El ciclo del C es muy complejo e involucra múltiples interacciones entre ecosistemas y tiene una estrecha relación con la biosfera, la cual juega un papel fundamental dentro del ciclo. Para poder comprender el ciclo del C a nivel planetario es necesario tener conocimiento de los almacenes y flujos (laterales y verticales) de C, lo cual representa un desafío importante.

Para el caso de Norteamérica, México incluido, en 2018 se elaboró el Segundo Informe sobre el Estado del Ciclo del Carbono (SOCCR2) en el cual el capítulo 14 está dedicado a las aguas epicontinentales (Butman et al. 2018). Este informe identificó las principales rutas del movimiento de C en aguas epicontinentales y evidenció la gran falta de información que existe sobre los flujos de C particularmente en Canadá y en México. La emisión de GEI a través de la superficie de ríos y lagos ocupó el primer lugar en magnitud, seguida por el flujo lateral de C hacia el océano a través de los ríos. En tercer lugar, se encuentra el almacenamiento de C en lagos y presas.

México está situado en la región tropical, donde se ha encontrado que los cuerpos acuáticos epicontinentales contribuyen con el mayor porcentaje de descarga de agua (66%) y de transporte de C (59%) hacia el océano (Huang et al. 2012). Las temperaturas más elevadas de los cuerpos acuáticos tropicales disminuyen la solubilidad de los gases, lo que incrementa las tasas de evasión de GEI en comparación con los ecosistemas de zonas templadas y boreales (Raymond et al. 2013). Además, el aumento de la temperatura acelera la actividad biológica y favorece la producción de GEI. Como resultado de la tropicalidad, entre otros efectos, los ríos tropicales aportan la mayor parte de las emisiones fluviales de GEI a nivel global (78% de CO₂, 70% de CH₄; Borges et al. 2019).

Desafortunadamente aún existe gran desconocimiento sobre la magnitud de los almacenes y flujos de C en los cuerpos acuáticos epicontinentales mexicanos. Sin embargo, ya se dispone de información científicamente avalada realizada a través de mediciones directas, tanto de almacenes como de flujos de C, en un número a un limitado de cuerpos acuáticos epicontinentales mexicanos. A continuación, se hace un breve recuento sobre lo que se conoce de las tres rutas principales (emisión de GEI, flujo a través de los ríos y enterramiento de C) del movimiento de C en aguas epicontinentales mexicanas.

Contribución

Se cuenta con una aproximación inicial que estimó la emisión de GEI (flujos verticales a la atmósfera) en cuerpos acuáticos epicontinentales mexicanos a partir de un método de escalamiento, que extrapola los datos obtenidos de una muestra representativa al conjunto de los cuerpos acuáticos del país (Sánchez-Carrillo et al. 2021). Esta estimación proporciona una base sólida sobre el papel de los cuerpos acuáticos epicontinentales mexicanos como fuentes de GEI. El CO₂ representa el mayor volumen de GEI emitidos, seguido del CH₄, con tasas estimadas de $2.2 \pm 5.3 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ y $0.6 \pm 1.14 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, respectivamente. Sin embargo, cabe destacar que el CH₄ es 25-30 veces más eficiente que el CO₂ en la captura de radiación, aunque su vida atmosférica es significativamente menor.

Las estimaciones indican que la emisión de GEI proveniente de los cuerpos acuáticos epicontinentales mexicanos naturales (como lagos y ríos) es superior (74 ± 87 a $139 \pm 163.23 \text{ Tg CO}_2\text{eq año}^{-1}$) a la de los ecosistemas artificiales (como presas y canales), que aportan alrededor de una cuarta parte de la de los naturales ($21 \pm 21 \text{ Tg CO}_2\text{eq a } 32 \pm 2 \text{ Tg CO}_2\text{eq año}^{-1}$). De esta forma, las emisiones totales estimadas ascienden de $106 \text{ Tg CO}_2\text{eq año}^{-1}$ a $160 \text{ Tg CO}_2\text{eq año}^{-1}$.

El escenario a futuro con relación a las emisiones de GEI es poco alentador, especialmente si se considera que la eutrofización es uno de los problemas de contaminación principales en los cuerpos acuáticos epicontinentales, tanto en México como en el resto del mundo. Este proceso ocurre cuando un exceso de nutrientes ingresa a un cuerpo de agua, lo que provoca un aumento de la biomasa de los productores primarios tales como el fitoplancton y las macrófitas. Como consecuencia, se generan diversas alteraciones en los ecosistemas acuáticos, incluyendo malos olores y sabores, proliferación de especies tóxicas, episodios de anoxia y mortandad de peces, todas con efectos perjudiciales. Además de sus impactos ecológicos, la eutrofización también aumenta significativamente la emisión de GEI. Los cuerpos acuáticos eutróficos emiten aproximadamente $51.7 \text{ kg CO}_2\text{eq m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, una cantidad 16 veces mayor que la de los cuerpos oligotróficos, que emiten $3.2 \text{ kg CO}_2\text{eq m}^{-2} \text{ año}^{-1}$. En este contexto, el incremento descontrolado de la eutrofización no solo afectará la calidad del agua y la biodiversidad, sino que también potenciará el impacto del cambio climático mediante un aumento en la emisión de GEI.

Un ejemplo claro de los efectos de la eutrofización en los cuerpos acuáticos mexicanos se encuentra en el Parque Nacional “Lagunas de Montebello”, en el estado de Chiapas. Este sitio alberga alrededor de 140 cuerpos acuáticos que, en su estado original, presentaban aguas azul transparente y estaban rodeados por espesos bosques. Aunque esta atractiva región ha sido habitada desde la época de la civilización maya, a partir de los años 1950s se ha visto sujeta a un incremento de actividades antrópicas. La expansión de los asentamientos humanos impulsó la deforestación a gran escala para el desarrollo de la agricultura, la ganadería y la infraestructura urbana. Como resultado, los cuerpos de agua han sido impactados, especialmente en la zona de planicie (noroeste), donde la actividad humana es más intensa. En cambio, la zona de montaña (SE), debido a su abrupta orografía, ha conservado su cobertura arbórea, lo que ha permitido que los lagos en esta área permanezcan en un estado prístino. Desafortunadamente, se ha documentado un avance progresivo de la eutrofización en dirección noroeste-sureste, lo que sugiere que, con el tiempo, incluso los lagos más aislados podrían verse afectados.

Las estimaciones de las emisiones de GEI realizadas en lagos prístinos y lagos eutrofizados de Montebello (Vargas-Sánchez et al. 2023) confirmaron que el aumento en el estado trófico (i.e., eutrofización) está asociado con un incremento en las emisiones de GEI. Por ejemplo, en el lago prístino –oligotrófico– Tziscas se registraron emisiones de $0.88 \pm 0.46 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ y $24.4 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$. En contraparte, en el lago impactado –eutrófico– San Lorenzo estos valores aumentaron significativamente a $9.13 \pm 1.24 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ y $36.8 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$. Además, los resultados mostraron que el incremento en las emisiones fue más evidente para el CO_2 en comparación con el CH_4 .

Como se menciona anteriormente, los cuerpos acuáticos de las “Lagunas de Montebello” muestran diferentes grados de eutrofización e impacto antropogénico. Dado que la productividad del ecosistema determina la cantidad de materia orgánica disponible, se esperaba que los lagos eutróficos, al ser más productivos, exportaran una mayor cantidad de carbono orgánico a los sedimentos en comparación con los lagos oligotróficos, que generan menor producción biológica. Sin embargo, estudios recientes (Alcocer et al. 2021) revelaron que los sedimentos de los lagos eutróficos almacenan una menor cantidad de carbono orgánico ($5.5 \pm 3.3 \%$) en comparación con los oligotróficos ($11.4 \pm 8.2 \%$).

La respuesta a este resultado inesperado radica en tres factores. En primer lugar, los sistemas oligotróficos presentan una cantidad muy reducida de microorganismos, lo que prolonga el proceso de degradación de la materia orgánica. En segundo lugar, la ausencia prolongada de oxígeno disuelto en el fondo de los lagos hace que la degradación de la materia orgánica sea más lenta y menos eficiente. Y finalmente, la tercera razón es el tipo de materia orgánica que ingresa a los lagos. En los lagos oligotróficos, al estar rodeados de bosque, la fuente principal de materia orgánica procede de la vegetación terrestre. Esta es típicamente recalcitrante con compuestos de difícil y lenta degradación como celulosas, hemicelulosas, taninos, ligninas, fenoles, etc. De esta manera a lo largo del tiempo se va acumulando materia orgánica refractaria en el fondo de los lagos oligotróficos aumentando su contenido de carbono orgánico sedimentario.

Otro ejemplo es el Río Usumacinta, el cual fluye a través de los estados de Tabasco y Chiapas. Este sistema lótico es el río más caudaloso de México y en Mesoamérica. Actualmente, es uno de los pocos ríos del país que aún no ha sido represado y cuya calidad del agua sigue siendo buena. No obstante, este panorama podría cambiar drásticamente debido al reciente aumento de actividades antrópicas en su cuenca (p. ej., deforestación para el desarrollo de la agricultura y ganadería, establecimiento y expansión de zonas urbanas), lo que representa una amenaza creciente para su conservación.

La medición de las emisiones de GEI en este río (Cuevas-Lara et al. 2021, Soria-Reinoso et al. 2022) mostró un rango de 2.78 a 18.17 g m⁻² día⁻¹ de CO₂ y de 1.02 a 639.45 mg m⁻² día⁻¹ de CH₄. De la misma manera, se encontró que las emisiones de GEI son menores en las zonas del río donde la cuenca de drenaje aún conserva selva (*i.e.*, la Selva Lacandona), mientras que en las áreas donde la deforestación ha dado paso a cultivos agrícolas, la emisión de CO₂ ha aumentado significativamente. Lo anterior confirma el efecto negativo que este tipo de actividades antrópicas tiene sobre el ecosistema fluvial y eventualmente sobre el calentamiento global. Adicionalmente, este cambio de uso y cobertura de suelo tiene fuertes implicaciones sobre la concentración y origen (alóctona y autóctona) de COD que es exportado de la cuenca de drenaje hacia el río. Esto, a su vez, influye en la dinámica del bacterioplancton, el cual desempeña un papel clave en el procesamiento del carbono en el ecosistema fluvial (Cuevas-Lara et al. 2024).

El río Usumacinta tiene gran importancia en el transporte de C hacia el océano (flujos laterales), en este caso, hacia el sur del Golfo de México. Transporta C en todas sus formas químicas –

orgánico e inorgánico, disuelto y particulado— pero, debido a la naturaleza kárstica de su cuenca de drenaje, la principal fracción movilizada es el CID, que representa el 85% del total (15.59 - 48.27 mg L⁻¹). Le siguen el COD, con un 10% (0.88 – 7.11 mg L⁻¹), y el COP, con un 4% (0.21 – 3.78 mg L⁻¹). Finalmente, el CIP representa la menor fracción, con menos del 1% (0.05 - 1.51 mg L⁻¹). Se estima que la exportación anual de C del Usumacinta hacia el Golfo de México alcanza los 2.88 (2.65 - 3.14) Tg año⁻¹.

Sin embargo, el transporte de C no ocurre únicamente en los grandes ríos. Este proceso también se lleva a cabo en ríos de menores dimensiones tales como los arroyos de cabecera, ubicados en las porciones altas de las montañas, donde inicia el flujo de agua de los ríos. En estos ecosistemas, la materia orgánica disuelta (MOD) predomina sobre la materia orgánica particulada (MOP). En el caso de los arroyos de cabecera del Río Lacantún, un importante afluente del río Usumacinta (Cortés Guzmán et al. 2022), las concentraciones estimadas oscilaron entre 0.5 y 10.2 mg L⁻¹ para la MOD y entre 0.002 y 0.02 mg L⁻¹ para la MOP. La hidrología del río influenciada por la estacionalidad tropical —es decir, la estación de lluvias (crecida) y la estación seca (estío)—, ejerce un control importante sobre el flujo lateral de la materia orgánica incrementando la MOD en lluvias y la MOP en secas. Esto último relacionado con la acumulación de material particulado, como hojarasca y ramas, en el lecho de los arroyos durante el estiaje.

Por otro lado, los lagos El Sol y La Luna, ubicados al interior del cráter del volcán Nevado de Toluca o Xinantécatl, en el Estado de México, son los únicos dos lagos de alta montaña que existen en México. Un lago es de alta montaña cuando se encuentra por encima de la línea de crecimiento arbóreo, que en el centro de México se sitúa alrededor de los 4,000 metros sobre el nivel del mar. Estos ecosistemas se consideran extremos debido a sus bajas temperaturas, aguas ácidas y poco mineralizadas, escasa disponibilidad de nutrientes y alta transparencia. Además, debido a su elevada altitud, reciben altas dosis de radiación solar y ultravioleta. Las características anteriores los convierten en sensores tempranos de cambio climático y global, ya que, además, integran los cambios tanto atmosféricos como los de sus cuencas de captación.

El estudio de núcleos sedimentarios de estos lagos proporcionó información muy importante sobre los efectos de las actividades antrópicas regionales en los lagos (Alcocer et al. 2020). Hasta aproximadamente el año 2000, la tasa de enterramiento de CO se mantuvo relativamente baja como resultado de las características oligotróficas de los lagos. Sin embargo, con el paso del tiempo, el

contenido de CO fue aumentando con valores de 4.6 a 7.9% en El Sol y de 5.5 a 6.7% en La Luna. De manera similar, las tasas de enterramiento de CO se incrementaron, llegando a ser hasta 6 veces superiores en El Sol y el doble en La Luna ($4\text{--}110\text{ mg cm}^{-2}\text{ año}^{-1}$ en El Sol and $19\text{--}96\text{ mg cm}^{-2}\text{ año}^{-1}$ en La Luna). El aumento de las tasas de enterramiento está asociados al incremento de las actividades antrópicas (p.ej., deforestación, extracción de materiales para construcción) alrededor del volcán. Ahora se sabe que, ningún ecosistema está exento de contaminación, ni siquiera aquellos considerados remotos y alejados del impacto antrópico y, por lo tanto, inmunes a éste. Lo anterior evidencia la importancia del transporte atmosférico de C interconectando ecosistemas y demostrando que los efectos de la actividad humana pueden extenderse mucho más allá de su punto de origen.

En los Llanos de San Juan, una planicie semidesértica ubicada en la Cuenca Oriental, en el límite de los estados de Puebla y Tlaxcala, se encuentra una serie de lagos formados en cráteres de explosión o mar y localmente conocidos como *axalapazcos* (del náhuatl: *a* = *atl* = agua, *xalli* = arena, *paxtli* = cuenco; cuenco de arena con agua). El más grande y profundo de éstos, el lago Alchichica, es probablemente el lago más estudiado limnológicamente en México y que cuenta con un monitoreo continuo de más de 20 años. Este lago salino y oligotrófico contiene un anillo discontinuo de estromatolitos que corre paralelo a la costa. Los estromatolitos al estar compuestos por CaCO_3 y MgCO_3 y representan en sí mismos un almacén importante de C que ha sido inmovilizado en estas estructuras minerales resultado de la acción combinada de los microorganismos y la química del agua. Este rasgo único en México, y probablemente en el mundo, le ha otorgado al Lago Alchichica reconocimiento a nivel global. Otra característica peculiar de este lago es la presencia de un gran número de especies endémicas, muchas de ellas microendémicas, rasgo inusual para un cuerpo de agua de dimensiones reducidas como Alchichica.

Un estudio realizado en este lago (Alcocer et al. 2014) evaluó el depósito, enterramiento y secuestro de COP en los sedimentos superficiales y un núcleo sedimentario. Los sedimentos superficiales de este lago contienen entre 12 y 60 mg COP g^{-1} peso seco ($25 \pm 12\text{ mg COP g}^{-1}$). La cantidad de COP sedimentado es elevada y proviene principalmente de fuentes autóctonas (fitoplancton). La concentración de COP a lo largo del núcleo sedimentario varió de 16.6 a $31.6\text{ mg COP g}^{-1}$ peso seco, concentraciones similares a lo registrado en el sedimento superficial lo cual mostró un elevado grado de preservación de C. Los flujos de COP fluctuaron entre $14.9\text{ y }35.3\text{ g m}^{-2}\text{ año}^{-1}$. Al igual que la concentración de COP en los sedimentos superficiales, estos valores fueron elevados, lo cual resulta sorprendente ya que el lago es poco productivo (oligotrófico).

La respuesta a esta controversia radica en la ecología de las especies microendémicas que habitan Alchichica. Entre ellas se encuentra *Cyclotella alchichicana*, una diatomea de gran tamaño ($> 50 \mu\text{m}$) que domina la biomasa fitoplanctónica durante todo el año. La gran talla de esta diatomea impide que sea consumida por el zooplancton presente en el lago y, además, su peso hace que se sedimente rápidamente. En otras palabras, prácticamente toda la biomasa producida en esta diatomea es exportada directamente a los sedimentos del fondo. El fondo del lago permanece anóxico al menos 6 meses del año, lo que retrasa la degradación de la materia orgánica sedimentada o incluso puede impedirla por completo. Lo anterior explica las concentraciones altas de COP y el elevado grado de preservación a lo largo del tiempo. Con este estudio se concluye que los lagos tropicales profundos como Alchichica, acumulan y preservan la mayor parte del COP que se deposita, desempeñando así un papel fundamental en los balances de carbono a nivel regional.

Actualmente sabemos que los cuerpos acuáticos epicontinentales mexicanos, a pesar de representar solo el 0.2% de toda el área cubierta por éstos en el mundo, contribuyen con el 1% de las emisiones de GEI por cuerpos acuáticos epicontinentales a nivel mundial (Sánchez-Carrillo et al. 2021). Por otro lado, en los cuerpos acuáticos epicontinentales mexicanos se han hecho hallazgos de gran relevancia, entre éstos, que la emisión de CO_2 más elevada medida para un lago kárstico, con una magnitud de $9.1 \pm 1.2 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, fue reportada para el lago San Lorenzo, Lagunas de Montebello, Chiapas (Vargas-Sánchez et al. 2023) y que el río Usumacinta, Chiapas/Tabasco, presenta la exportación de CID al mar ($21.7 \text{ t C/CID km}^{-2} \text{ año}^{-1}$) más elevada con relación a la extensión de su cuenca de captación registrada para un río en el continente americano (Soria-Reinoso et al. 2022). Además, se ha confirmado que los lagos tropicales profundos desempeñan un papel clave en la acumulación, preservación y eventual secuestro del COP que depositan en sus sedimentos (Alcocer et al., 2014). Estos datos resaltan la importancia de los cuerpos acuáticos epicontinentales mexicanos en el ciclo de carbono a nivel nacional, continental y global.

La información anterior subraya la relevancia que tienen cuerpos acuáticos epicontinentales mexicanos en el ciclo del C y pone de manifiesto la urgencia de realizar evaluaciones precisas de los almacenes y flujos de C, tanto verticales como laterales. Contar con esta información es fundamental para el diseño e implementación de políticas para la mitigación el cambio climático en el país, y al mismo tiempo, contribuir a llenar los huecos de información de la base de datos global necesaria para que los modelos de cambio climático a nivel mundial sean lo más precisos posibles.

Bibliografía

- Alcocer, J., Ruiz-Fernández A.C., Escobar, E., Pérez-Bernal L.H., Oseguera, L.A. & Ardiles-Gloria, V. (2014). Deposition, burial, and sequestration of carbon in an oligotrophic, tropical lake. *Journal of Limnology* 73(2): 223-235 <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2014.783>
- Alcocer, J., Ruiz-Fernández, A.C., Oseguera, L.A., Caballero, M., Sánchez-Cabeza, J., Pérez-Bernal, L.H. & Hernández-Rivera, D.M. (2020). Sediment carbon storage increases in tropical, oligotrophic, high-mountain lakes. *Anthropocene* 32 (2020) 100272. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ancene.2020.100272>
- Alcocer, J., Prado, B., Mora, L. Oseguera, L.A. & Caballero, M. (2021). Sediment characteristics of tropical, karst lakes and their relationship with watershed topography, lake morphometry, and human activities. *Journal of Paleolimnology* 66: 333-353. <https://doi.org/10.1007/s10933-021-00210-z>
- Borges, A. V., Darchambeau, F., Lambert, T., Morana, C., Allen, G. H., Tambwe, E., Sembaito, A. T., Mambo, T., Wabakhangazi, J. N., Descy, J., Teodoru, C. R., & Bouillon, S. (2019). Variations in dissolved greenhouse gases (Variations in dissolved greenhouse gases (CO₂, CH₄, N₂O) in the Congo River network overwhelmingly driven by fluvial-wetland connectivity) in the Congo River network overwhelmingly driven by fluvial-wetland connectivity. *Biogeosciences*, 16(19), 3801-3834. <https://doi.org/10.5194/bg-16-3801-2019>
- Butman, D., Striegl, R. G., Stackpoole, S. M., Del Giorgio, P., Prairie, Y. T., Pilcher, D., Raymond, P. A., Pellat, F. P., Alcocer, J., Birdsey, R. A., Mayes, M. A., Najjar, R., Reed, S. C., Romero-Lankao, P., & Zhu, Z. (2018). Chapter 14: Inland Waters. *Second State of the Carbon Cycle report*. <https://doi.org/10.7930/soccr2.2018.ch14>
- Cortés Guzmán, D., Alcocer J., Cuevas Lara, J.D., Soria-Reinoso, I., Oseguera L.A. & Merino-Ibarra, M. (2022). Organic matter seasonality and ecosystem metabolism in two tropical first-order streams. *Limnetica* 41(2): 325-338. <https://doi.org/10.23818/limn.41.19>
- Cole, J.J., Prairie, Y.T., Caraco, N. F., McDowell, W. H., Tranvik, L. J., Striegl, R. G., Duarte, C. M., Kortelainen, P., Downing, J. A., Middelburg, J. J., & Melack, J. (2007). Plumbing the Global Carbon Cycle: Integrating Inland Waters into the Terrestrial Carbon Budget. *Ecosystems*, 10(1), 172–185. <https://doi.org/10.1007/s10021-006-9013-8>

- Cuevas-Lara D., Alcocer J., Cortés-Guzmán D., Soria-Reinoso, I.F., García-Oliva, F., Sánchez-Carrillo, S. & Oseguera, L.A. (2021). Particulate organic carbon in the tropical Usumacinta River, southeast Mexico: Concentration, flux, and sources. *Water* 13, 1561 <https://doi.org/10.3390/w13111561>
- Cuevas-Lara, D., García-Oliva, F., Sánchez-Carrillo, S. & Alcocer, J. (2024). Organic matter processing by heterotrophic bacterioplankton in a large tropical river: relating elemental composition and potential carbon mineralization. *PLOS One* 19(11): e0311750. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311750>
- Huang, T.H., Fu, Y.H. & Pan, P.Y. (2012) Fluvial carbon fluxes in tropical rivers. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(2), 162-169. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.02.004>
- Raymond, P. A., Hartmann, J., Lauerwald, R., Sobek, S., McDonald, C., Hoover, M., Butman, D., Striegl, R., Mayorga, E., Humborg, C., Kortelainen, P., Dürr, H., Meybeck, M., Ciais, P., & Guth, P. (2013). Global carbon dioxide emissions from inland waters. *Nature*, 503(7476), 355-359. <https://doi.org/10.1038/nature12760>
- Sánchez-Carrillo, S., Alcocer, J., Vargas-Sánchez, M. Soria-Reinoso, I.F., Rivera-Herrera, E.M., Cortés-Guzmán, D., Cuevas-Lara, D., Guzmán-Arias, A.P., Merino-Ibarra, M. & Oseguera, L.A. (2022). Greenhouse gas emissions from Mexican inland waters: first estimation and uncertainty using an upscaling approach. *Inland Waters* 12(2): 294-310. <https://doi.org/10.1080/20442041.2021.2009310>
- Soria-Reinoso, I., Alcocer, J., Sánchez-Carrillo, S., García-Oliva, F., Cuevas-Lara, D., Cortés-Guzmán, D. & Oseguera, L.A. (2022). The seasonal dynamics of organic and inorganic carbon along the tropical Usumacinta River basin (Mexico). *Water* 14, 2703. <https://doi.org/10.3390/w14172703>
- Tranvik, L.J., J. Downing, J. Cotner, S. Loiselle, R. Striegl, T. Ballatore, P. Dillon, K. Finlay, K. Fortino, L. Knoll, P. Kortelainen, T. Kutser, S. Larsen, I. Laurion, D. Leech, S. McCallister, D. McKnight, J. Melack, E. Overholt, J. Porter, Y. Prairie, W. Renwick, F. Roland, B. Sherman, D. Schindler, S. Sobek, A. Tremblay, M. Vanni, A. Verschoor, E. von Wachenfeldt y G. Weyhenmeyer. (2009). Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. *Limnology and Oceanography*, 54 2298–2314. https://doi.org/10.4319/lo.2009.54.6_part_2.2298

- Tranvik, L.J., Cole, J.J., & Prairie, Y.T. (2018). The study of carbon in inland waters—from isolated ecosystems to players in the global carbon cycle. *Limnology and Oceanography Letters*, 3(3), 41–48. <https://doi.org/10.1002/lol2.10068>
- Vargas-Sánchez, M., Alcocer, J., Sánchez-Carrillo, S., Oseguera, L.A., Rivera-Herrera, E.M., Soria-Reinoso, I., Guzmán-Arias, A. & Merino-Ibarra, M. (2023). Carbon dioxide concentration and emissions along a trophic gradient in tropical karst lakes. *Water* 15, 13. <https://doi.org/10.3390/w15010013>

Productos derivados

Publicaciones

2024

- Alcocer, J., Fernández, R. & Oseguera, L.A. 2024. Variability of zooplankton in two neighboring tropical high-mountain lakes. *Diversity* 2024, 16, 757. <https://doi.org/10.3390/d16120757>
- Cuevas-Lara, D., García-Oliva, F., Sánchez-Carrillo, S. & Alcocer, J. 2024. Organic matter processing by heterotrophic bacterioplankton in a large tropical river: relating elemental composition and potential carbon mineralization. *PLOS One* 19(11): e0311750. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311750>. ISSN: 1932-6203. PLOS/San Francisco. Q1.
- Fernández, R., Alcocer, J., Oseguera, L.A., Zúñiga-Ramos, C.A. & Vilaclara, G. 2024. Phytoplankton communities' seasonal fluctuation of two neighboring tropical high-mountain lakes. *Plants* 2024, 13, 3021. <https://doi.org/10.3390/plants13213021>. ISSN: 2223-7747. MDPI/ Basel, Switzerland. IF: 4.0, Q1.
- Alcocer, J., Vargas-Sánchez, M., Rivera-Herrera, E.M., Oseguera, L.A. & Sánchez-Carrillo, S. 2024. Limnological comparison of pristine and impacted lakes from a tropical, high-altitude karst region in southern Mexico. *Inland Waters*. <https://doi.org/10.1080/20442041.2024.2351324>. pISSN: 20442041, eISSN: 2044205X. Taylor & Francis. Reino Unido. IF: 2.299, Q2.
- Soria-Reinoso I., Alcocer, J., Sánchez-Carrillo, S., Vargas-Sánchez, M, Rivera-Herrera, E.M., Fernández, R. y Oseguera, LA. 2024. Materia orgánica disuelta cromofórica en lagos kársticos tropicales con diferente estado trófico. pp. 52-58. En: Hernández Ayón J.M., Bolaños González, M.A., Norzagara y López, C.O.,

Coronado Álvarez, L. e Ibarra Alonso P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2024. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad del Mar (UMAR). Texcoco, Estado de México, México. ISSN: 2954-4882. 254 pp.

- Rivera-Herrera, E.M., Alcocer, J., Soria-Reinoso, I., Vargas-Sánchez, M. y Oseguera, L.A. 2024. Carbono orgánico disuelto en dos lagos de alta montaña. pp. 67-73. En: Hernández Ayón J.M., Bolaños González, M.A., Norzagara y López, C.O., Coronado Álvarez, L. e Ibarra Alonso P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2024. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad del Mar (UMAR). Texcoco, Estado de México, México. ISSN: 2954-4882. 254 pp.
- Vargas-Sánchez, M., Alcocer, J., Sánchez-Carrillo, S., Oseguera-Pérez, L.A., Rivera-Herrera, M. y Soria-Reinoso, I. 2024. Influencia de la profundidad y el estado trófico en el flujo de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O) en lagos kársticos tropicales. pp. 74-80. En: Hernández Ayón J.M., Bolaños González, M.A., Norzagara y López, C.O., Coronado Álvarez, L. e Ibarra Alonso P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2024. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad del Mar (UMAR). Texcoco, Estado de México, México. ISSN: 2954-4882. 254 pp.

2023

- Jiménez-Seinos, J.L., Alcocer, J. & Planas, D. 2023. Food web differences between two neighboring tropical high mountain lakes and the influence of introducing a new top predator. PLOS One 18(6): e0287066.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287066>. ISSN: 1932-6203. PLOS/San Francisco. Q1.

- Vargas-Sánchez, M., Alcocer, J., Sánchez-Carrillo, S., Oseguera, L.A., Rivera-Herrera, E.M., Soria-Reinoso, I., Guzmán-Arias, A. & Merino-Ibarra, M. 2023. Carbon dioxide concentration and emissions along a trophic gradient in tropical karst lakes. *Water* 15, 13. <https://doi.org/10.3390/w15010013>. ISSN: 2073-4441. MDPI/Switzerland. IF: 3.530, Q1.
- Soria-Reinoso, I., Alcocer, J., Oseguera, L.A., Rivera-Herrera, E.M., Vargas-Sánchez, M. e Ibarra-Morales, D. 2023. 2.2. Dinámica de la materia orgánica disuelta cromofórica (CDOM) en dos lagos tropicales de alta montaña en el centro de México. pp. 43-51. En: Hernández Ayón J.M., Bolaños González, M.A., Norzagara y López, C.O., Coronado Álvarez, L. e Ibarra Alonso P. (Eds.). *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2023. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California (UABC)*. Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 326 pp.
- Vargas-Sánchez, M., Alcocer, J., Sánchez-Carrillo, S. y Oseguera-Pérez, L.A. 2023. 2.3. Variación espacial y temporal de CO₂, CH₄ y N₂O disuelto en lagos kársticos tropicales. pp. 52-58. En: Hernández Ayón J.M., Bolaños González, M.A., Norzagara y López, C.O., Coronado Álvarez, L. e Ibarra Alonso P. (Eds.). *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2023. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California (UABC)*. Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 326 pp.
- Cervantes-Bedolla, M., Oseguera, L.A., Fernández, R., Alcocer, J., Vargas-Sánchez, M., Zavala-Velázquez, K.D. y Espíritu-Vera, K. 2023. 2.4. Biomasa zooplanctónica y máximo profundo de clorofila en un lago monomíctico cálido. pp. 59-64. En:

Hernández Ayón J.M., Bolaños González, M.A., Norzagara y López, C.O., Coronado Álvarez, L. e Ibarra Alonso P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2023. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 326 pp.

- Rivera-Herrera, E.M., Alcocer, J., Oseguera, L.A. y Fernández, R. 2023. 2.5. Flujo de carbono particulado a los sedimentos de dos lagos tropicales kársticos. pp. 65-70. En: Hernández Ayón J.M., Bolaños González, M.A., Norzagara y López, C.O., Coronado Álvarez, L. e Ibarra Alonso P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2023. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 326 pp.
- Espíritu-Vera, K.D., Oseguera, L.A., Fernández, R., Soria-Reinoso, I.F., Arreguín-Rebolledo, U., Alcocer, J., Cervantes-Bedolla, M. y Zavala-Velázquez, K.D. 2023. 2.6. Variación temporal de la biomasa del zooplancton de un lago monomítico tropical durante eventos El Niño y La Niña. pp. 71-76. En: Hernández Ayón J.M., Bolaños González, M.A., Norzagara y López, C.O., Coronado Álvarez, L. e Ibarra Alonso P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2023. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 326 pp.
- Soria-Reinoso, I., Alcocer, J., Sánchez-Carrillo, S., Vargas-Sánchez, M., Rivera-Herrera, E.M. y Oseguera, L.A. 2023. 2.7. Caracterización óptica de la materia orgánica disuelta en la cuenca media y baja del río Usumacinta, México. pp. 77-84. En: Hernández Ayón J.M., Bolaños González, M.A., Norzagara y López, C.O.,

Coronado Álvarez, L. e Ibarra Alonso P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2023. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 326 pp.

- Vivar-Sánchez, D., Fernández, R., Oseguera-Pérez, L.A., Alcocer, J., Rivera-Herrera, E.M. y Zúñiga-Ramos, C. 2023. 2.8. Biomasa del zooplancton de dos lagos kársticos tropicales con estado trófico contrastante. pp. 85-89. En: Hernández Ayón J.M., Bolaños González, M.A., Norzagara y López, C.O., Coronado Álvarez, L. e Ibarra Alonso P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2023. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 326 pp.
- Zavala-Velázquez, K.D., Fernández, R., Oseguera, L.A., Alcocer, J., Vargas-Sánchez, M., Soria-Reinoso, I.F., Cervantes-Bedolla, M. y Espíritu-Vera, K. 2023. 2.10. Biomasa zooplanctónica durante la circulación de un lago monomíctico cálido. pp. 96-101. En: Hernández Ayón J.M., Bolaños González, M.A., Norzagara y López, C.O., Coronado Álvarez, L. e Ibarra Alonso P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2023. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 326 pp.

2022

- Sánchez-Carrillo, S., Alcocer, J., Vargas-Sánchez, M. Soria-Reinoso, I.F., Rivera-Herrera, E.M., Cortés-Guzmán, D., Cuevas-Lara, D., Guzmán-Arias, A.P., Merino-Ibarra, M. & Oseguera, L.A. 2022. Greenhouse gas emissions from Mexican inland

waters: first estimation and uncertainty using an upscaling approach. *Inland Waters* 12(2): 294-310. <https://doi.org/10.1080/20442041.2021.2009310>. pISSN: 20442041, eISSN: 2044205X. Taylor & Francis. Reino Unido. IF: 2.299, Q2.

- Olea-Olea, S., Alcocer, J., Armienta, M.A. & Oseguera, L.A. 2022. Geochemical modeling unravels the water chemical changes along the largest Mexican river. *Applied Geochemistry* 137, 105157. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.105157>. ISBN: 0883-2927. Elsevier/Germany. IF: 3.524. Q1
- Cortés Guzmán, D., Alcocer J., Cuevas Lara, J.D., Soria-Reinoso, I., Oseguera L.A. & Merino-Ibarra, M. 2022. Organic matter seasonality and ecosystem metabolism in two tropical first-order streams. *Limnetica* 41(2): 325-338. <https://doi.org/10.23818/limn.41.19>. pISBN: 0213-8409, eISBN: 1989-1806. Asociación Española de Limnología/España. IF: 1.431, Q3
- Caballero, M., Sigala, I., Moreno, J., Vega-Flores, M., Oseguera, L.A., Ruiz-Fernández, A.C. & Alcocer, J. 2022. Testate amoebae assemblages from two tropical high-mountain lakes in central Mexico during the last ~60 years. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 93 (2022): e934168. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.4168>. ISSN: 2007-8706. UNAM/México. IF: 0.971, Q3
- Alcocer, J., Lugo, A., Fernández, R., Vilaclara, G., Oliva, M.G., Oseguera, L.A., Silva-Aguilera, R.A. & Escolero, O. 2022. 20 years of global change on the limnology and plankton of a tropical, high-altitude lake. *Diversity* 14, 190. <https://doi.org/10.3390/d1403190>. ISSN: 1424-2818. MDPI/Switzerland. IF: 3.029, Q1.
- Alcocer, J., Quiroz-Martínez, B., Merino-Ibarra, M., Oseguera, L.A. & Macek, M. 2022. Using wavelet analysis to examine long-term variability of phytoplankton biomass in the tropical, saline Lake Alchichica, Mexico. *Water* 14, 1346.

<https://doi.org/10.3390/w14091346>. ISSN: 2073-4441. MDPI/Switzerland. IF: 3.530, Q1.

- Soria-Reinoso, I., Alcocer, J., Sánchez-Carrillo, S., García-Oliva, F., Cuevas-Lara, D., Cortés-Guzmán, D. & Oseguera, L.A. 2022. The seasonal dynamics of organic and inorganic carbon along the tropical Usumacinta River basin (Mexico). *Water* 14, 2703. <https://doi.org/10.3390/w14172703>. ISSN: 2073-4441. MDPI/Switzerland. IF: 3.530, Q1.
- Ibarra-Morales, D., Silva-Aguilera, R.A., Oseguera, L.A., Merino-Ibarra, M. & Alcocer, J. 2022. Impacts of global change on two tropical, high mountain lakes in Central Mexico. *Science of the Total Environment* 852, 158521. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158521>. pISSN 0048-9697, eISSN: 1879-1026. Elsevier/Netherlands. IF: 10.753, Q1
- Vargas-Sánchez, M, Alcocer, J., Sánchez-Carrillo, S., Soria-Reinoso, I., Rivera-Herrera, E.M., Guzmán-Arias, A.P., Oseguera-Pérez, L.A. y Merino M. 2022. Efecto de la eutrofización en la concentración y emisión de CH₄ en dos lagos kársticos tropicales. pp. 44-50. En: Hernández Ayón, J.M., Briones Villareal, O., Bolaños González, M.A. e Ibarra Alonso, P. (Eds.). *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2022. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Instituto de Ecología (INECOL)*. Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 404 pp.
- Soria-Reinoso, I., Sánchez-Carrillo, S., Alcocer, J., Vargas-Sánchez, M. y Oseguera L.A. 2022. 2.2. Variación temporal y espacial de las concentraciones y flujos de CH₄ en el Río Usumacinta, México. pp. 51-58. En: Hernández Ayón, J.M., Briones Villareal, O., Bolaños González, M.A. e Ibarra Alonso, P. (Eds.). *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2022. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el*

Instituto de Ecología (INECOL). Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 404 pp.

- Rivera-Herrera, E., Alcocer, J., Oseguera L.A. y Fernández, R. 2022. 22.4. Flujo de carbono orgánico particulado a los sedimentos de un lago tropical kárstico. pp. 65-70. En: Hernández Ayón, J.M., Briones Villareal, O., Bolaños González, M.A. e Ibarra Alonso, P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2022. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Instituto de Ecología (INECOL). Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 404 pp.
- Fernández, R., Alcocer, J. y Oseguera, L.A. 2022. 2.5. Dinámica estacional e interanual de la biomasa del zooplancton pelágico en un lago tropical, monomíctico cálido. pp. 71-76. En: Hernández Ayón, J.M., Briones Villareal, O., Bolaños González, M.A. e Ibarra Alonso, P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2022. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Instituto de Ecología (INECOL). Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 404 pp.
- Guadarrama-Hernández, S., Alcocer, J., Ardiles-Gloria, V., Oseguera-Pérez, L.A. y Quiroz-Martínez, B. 2022. 2.6. Variación intra e interanual de la concentración de clorofila-a fraccionada (1998-2019) del lago Alchichica, Puebla. pp. 77-83. En: Hernández Ayón, J.M., Briones Villareal, O., Bolaños González, M.A. e Ibarra Alonso, P. (Eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2022. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Instituto de Ecología (INECOL). Texcoco, Estado de México, México. ISSN 2954-4882. 404 pp.

- Cuevas-Lara D., Alcocer J., Cortés-Guzmán D., Soria-Reinoso, I.F., García-Oliva, F., Sánchez-Carrillo, S. & Oseguera, L.A. 2021. Particulate organic carbon in the tropical Usumacinta River, southeast Mexico: Concentration, flux, and sources. *Water* 13, 1561 <https://doi.org/10.3390/w13111561>. ISSN: 2073-4441. MDPI/Switzerland. IF: 2.709, Q1
- Alcocer, J., Oseguera, L.A., Ibarra-Morales, D., Escobar, E. & García-Cid, L. 2021. Responses of benthic macroinvertebrate communities of two tropical, high mountain lakes to climate change and deacidification. *Diversity* 13, 343. <https://doi.org/10.3390/d13060243>. ISSN: 1424-2818. MDPI/Switzerland. IF: 1.402, Q2
- Cuevas-Lara D., Alcocer J., Cortés-Guzmán D., Soria-Reinoso, I.F., García-Oliva, F., Sánchez-Carrillo, S. & Oseguera, L.A. 2021. Particulate organic carbon in the tropical Usumacinta River, southeast Mexico: Concentration, flux, and sources. *Water* 13, 1561 <https://doi.org/10.3390/w13111561>. ISSN: 2073-4441. MDPI/Switzerland. IF: 3.530, Q1
- Alcocer, J., Prado, B., Mora, L. Oseguera, L.A. & Caballero, M. 2021. Sediment characteristics of tropical, karst lakes and their relationship with watershed topography, lake morphometry, and human activities. *Journal of Paleolimnology* 66: 333-353. <https://doi.org/10.1007/s10933-021-00210-z>. Springer/Switzerland. IF: 2.244, Q2
- Alcocer, J., Oseguera, L.A., Ibarra-Morales, D., Escobar, E. & García-Cid, L. 2021. Responses of benthic macroinvertebrate communities of two tropical, high-mountain lakes to climate change and deacidification. *Diversity* 13, 343. <https://doi.org/10.3390/d13060243>. ISSN: 1424-2818. MDPI/Switzerland. IF: 3.029, Q1
- Soria-Reinoso, I., Sánchez-Carrillo, S., Alcocer, J., Vargas-Sánchez, M., Cuevas-Lara, D. y Oseguera, L.A. 2021. 4.1. Concentración y evasión de CO₂ en el Río

Usumacinta, México. pp. 140-148. En: Hernández A., J.M., M.G. Manzano, M.A. Bolaños y P. Ibarra (Editores). 2021. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2021. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Tecnológico de Monterrey. Texcoco, Estado de México, México. 640 pp.

- Vargas-Sánchez, M., Sánchez-Carrillo, S., Alcocer, J., Soria-Reinoso, I. y Oseguera, L.A. 2021. 4.2. Emisiones de CO₂ en los lagos kársticos tropicales del Parque Nacional “Lagunas de Montebello”, Chiapas. pp. 149-155. En: Hernández A., J. M., M. G. Manzano, M. A. Bolaños y P. Ibarra (Editores). 2021. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2021. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Tecnológico de Monterrey. Texcoco, Estado de México, México. 640 pp.
- Aucancela, R., Alcocer, J., García-Oliva, F., Oseguera, L.A. y Ibarra, D. 2021. 4.3. Almacenes de carbono en dos lagos tropicales de alta montaña, El Sol y La Luna, Nevado de Toluca. pp. 156-163. En: Hernández A., J. M., M. G. Manzano, M. A. Bolaños y P. Ibarra (Editores). 2021. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2021. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Tecnológico de Monterrey. Texcoco, Estado de México, México. 640 pp.
- Oseguera, L.A., Alcocer, J., Escobar, E. y García-Cid, L. 2021. 4.4. Biomasa de los macroinvertebrados bentónicos de dos lagos tropicales de alta montaña. pp. 164-170. En: Hernández A., J. M., M. G. Manzano, M. A. Bolaños y P. Ibarra (Editores). 2021. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2021. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Tecnológico de Monterrey. Texcoco, Estado de México, México. 640 pp.

Tesis

2024

- Vargas Sánchez Mariana. 2024. Efectos de la eutrofización y la latitud en la producción y emisión de gases de efecto invernadero en sistemas lacustres kársticos. Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 60 pp.
- Medrano Colón María Fernanda. 2024. Eutrofización de los lagos del Parque Nacional “Lagunas de Montebello”, Chiapas. Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM. 68 pp.

2023

- Cuevas Lara José Daniel. 2023. Transporte de carbono y evasión de CO₂ a lo largo del río Usumacinta, un sistema fluvial tropical. Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 165 pp.
- Soto García Erick Osvaldo. 2023. Reconocimiento de los cambios de la comunidad bentónica a lo largo y ancho de un lago grande y profundo. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 91 pp.
- Guadarrama Hernández Sandra. 2023. Variación a largo plazo (1999-2019) de la concentración de la clorofila-a fitoplanctónica total y fraccionada en el Lago Alchichica, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 100 pp.

2022

- Cortés Guzmán Daniela. 2022. Dinámica trófica de los macroinvertebrados bentónicos en arroyos tropicales de la subcuenca del río Lacantún. Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 81 pp.

- Aucancela Quizhpe Renato Robinson. 2022. Carbono particulado y disuelto en dos lagos tropicales de alta montaña, Nevado Toluca, México. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 67 pp.
- Ramírez García Regina. 2022. Materia total particulada y clorofila "a" a lo largo del río Usumacinta, México. Licenciatura en Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias, UNAM. 43 pp..
- López Dávila Diego. 2022. Caracterización fisicoquímica de 9 lagos con diferente estado trófico del Parque Nacional "Lagunas de Montebello", Chiapas, México. Licenciatura en Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias, UNAM. 81 pp.

2021

- Ibarra Morales Diana. 2021. Influencia del depósito atmosférico y la cuenca de captación sobre la dinámica de las características fisicoquímicas del agua de los lagos tropicales de alta montaña El Sol y La Luna, Nevado De Toluca, México. Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 98 pp.
- Rivera Herrera Erika Montserrat. 2021. Carbono particulado en lagos del Parque Nacional "Lagunas de Montebello", Chiapas, México. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 60 pp.
- García Cid Lucero. 2021. La comunidad de macroinvertebrados bentónicos de los lagos El Sol y La Luna, Nevado de Toluca, México. Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM. 89 pp.