VII REUNIÓN ANUAL DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE ESTUDIOS SOBRE EL KARST

Gruta Calcehtok Yucatán. Foto: Neftaly Gijón

MEMORIAS –

Del 4 al 6 de Octubre de 2023

Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

MEMORIAS

VII REUNIÓN ANUAL DE LA
ASOCIACIÓN MEXICANA DE ESTUDIOS
SOBRE EL KARST

Esta obra debe citarse de la siguiente forma:

Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (AMEK). (2023). Memorias. Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

En el caso de las ponencias:

Apellidos, iniciales de Autor/es de la ponencia. (2023). Título de la ponencia. Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (AMEK). Memorias. Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (pp. xx-xx). Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

La reproducción o traducción de esta obra requiere el permiso escrito de la institución que lo edita. Pueden reproducirse sin autorización pequeños fragmentos del texto y figuras aisladas, siempre y cuando se den los créditos correspondientes.

Consejo Directivo de la Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst A.C.

Dra. Yameli Aguilar Duarte
Presidenta

M. en C. Óscar Álvarez Rivera
Secretario

Dr. Héctor Estrada Medina
Tesorero

Coordinador Local de la VII RA-AMEK

Dr. Álvaro Gerardo Palacio Aponte

Revisores científicos

Dra. Ángeles Gallegos Tavera

Dr. David Palma López

I.A. Grisel Anahí Cervantes Cocom

Dr. Héctor Estrada Medina

Dr. Joel Palma López

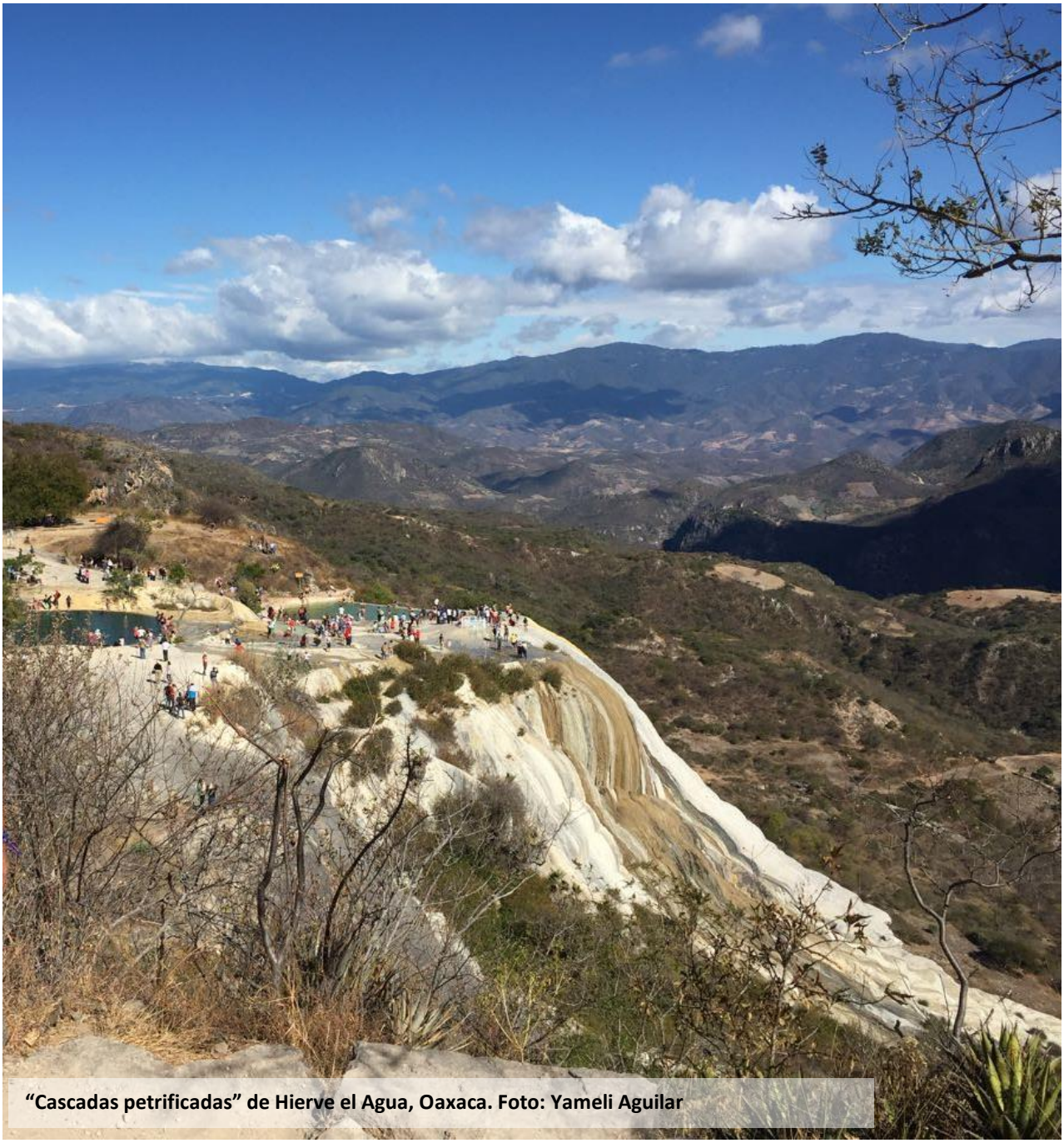
Dr. Neftaly Gijón Yescas

M. en C. Óscar Álvarez Rivera

M. en C. Rogelio Hernández Vergara

Dra. Silvia Ramos Hernández

Dr. Gerardo Palacio Aponte



“Cascadas petrificadas” de Hierve el Agua, Oaxaca. Foto: Yameli Aguilar

PRESENTACIÓN

La Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst A.C. cumple este 2023 siete años de su constitución formal y como cada año, convocamos a colegas y personas interesadas a seguir sumando esfuerzos para investigar, estudiar, explorar, divulgar y compartir experiencias y conocimientos ligados a los sistemas kársticos principalmente de nuestro país, pero también abiertos a las vinculaciones con otros países.

Si bien nuestras primeras seis reuniones se han efectuado en diferentes entidades del sur sureste de México, este año nos ha dado mucha satisfacción que la VII Reunión Anual se realice en el centro del país teniendo como sede la Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, contando con destacadas participaciones de investigadores con amplia experiencia en temas relacionadas a la antropología, geografía física, social y cultural en los ambientes kársticos de esta región.

Los sistemas kársticos tienen una amplia distribución en el mundo, se estima que 20% de la superficie terrestre presentan afloramientos rocosos principalmente de carbonatos, seguidos de evaporitas; y en estos territorios se encuentran las reservas de aguas subterráneas que abastecen aproximadamente al 25% de la población mundial. En México también se presentan importantes territorios kársticos siendo la gran plataforma calcárea de la península de Yucatán la zona kárstica más extensa, continua y representativa del país, pero no es la única, pues existen parches de territorios kársticos distribuidos en zonas montañosas influenciados por distintos tipos climáticos, relieves, biomas y otros factores tanto naturales como culturales.

Lamentablemente en esta era capitalista, los territorios kársticos de México son poco conocidos en su integralidad y escasamente valorados, lo que ha llevado a ser regiones gradualmente sobre-explotadas por megaproyectos de todo tipo: agroindustriales, turismo de masas, crecimiento urbano desordenado, explotación pétrea, sobre-extracción de agua por cerveceras y refresqueras, entre otras, son solo algunos ejemplos de malas prácticas que se han realizado en la Península de Yucatán y están acrecentando los problemas socio-ambientales. Pero otras regiones kársticas del país también están en graves peligros, como Cuatro Ciénegas Coahuila que es afectada por la sobre-extracción de los acuíferos y la Huasteca Potosina en San Luis Potosí, cuyos pobladores buscan una ley contra el fracking que amenaza tanto a los ecosistemas como a la salud humana.

Por las razones expuestas, las Reuniones Anuales de la AMEK no únicamente han servido como espacios para dar a conocer las investigaciones que se realizan en torno a los sistemas kársticos, sino que también en la AMEK se generan reflexiones y acciones ante la importancia y la necesidad de que las investigaciones científicas trasciendan en diversas esferas, desde la docencia y capacitaciones a través de talleres, diplomados y cursos con enfoques sistémicos y aplicados, hasta la incidencia en política pública que se traduzca en normas y leyes a favor de la conservación y aprovechamiento de los territorios kársticos.

Yameli Aguilar Duarte

CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....6

Conferencistas Magistrales 9

Resúmenes de conferencias magistrales.....11

Investigación en karst y cuevas en Brasil.....11

Origen geomorfológico ambiental de los paisajes kársticos en San Luis Potosí 12

Geoparque aspirante Mundial UNESCO Huasteca Potosina.....13

El karso huasteco visto desde la mirada de los pobladores teenek: Cultura, prácticas y turismo en un complejo sistema de cuevas y cavernas que conforman el teenek tsabaal (territorio teenek). 14

Resúmenes de ponencias 16

Evaluación de la retención de humedad y carbono en humedales de Quintana Roo 16

Inventario de macroelementos y microelementos en un humedal herbáceo del norte de Quintana Roo, México.....17

Ecosistemas del Karst: la vegetación de Los Petenes 19

Cambios en la calidad del agua subterránea para irrigación y detección de 2,4-D en Sucilá, Yucatán, México.....20

Análisis de calidad de agua y sitios de monitoreo en zonas costeras cársticas: el caso de isla Cozumel, Quintana Roo, México.....23

Caracterización de agua subterránea de distribución a poblaciones cercanas al trazo del megaproyecto "Tren Maya" 25

Controles sobre la variabilidad temporal de Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca en las aguas de goteo de un sistema kárstico del norte de Quintana Roo.....27

Concentración de metales pesados en sedimentos de cenotes urbanos en Cozumel, Quintana Roo....29

Diversidad de Copépodos (Crustácea: Copépoda) Hipogeos en Sistemas Acuáticos Cársticos de la Península de Yucatán 30

Barbecho y quema: cambios en las propiedades químicas de los suelos 31

Aptitud agrícola para el manejo sustentable de la producción de maíz en la Península de Yucatán.....33

Hacia una definición cuantitativa de cenote: Indicadores geomorfológicos para caracterizarlos 34

Servicio ecosistémico "Mitigación de riesgos de inundaciones urbanas en el municipio de Tulum" 36

Distribución, uso y conservación de cenotes y cavernas en el municipio de Tulum, Quintana Roo 37

El diplomado en ecosistemas kársticos 39

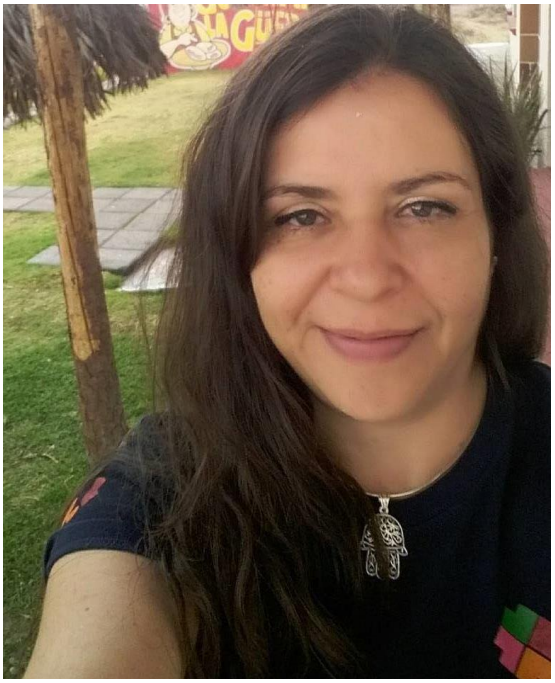
Conferencistas Magistrales

Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos
Universidad Católica de Minas Gerais, Brasil

Geógrafo con títulos de maestría y doctorado en Geografía, así como un doctorado en Karstología por la Universidad de Nova Gorica, Eslovenia. En la actualidad, ostenta el título de Investigador de Productividad en Investigación (PQ-2) del Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) en Brasil. Además, se desempeña como profesor en la Pontificia Universidad Católica de Minas Gerais y colabora en el programa de posgrado en geografía de la Universidad Federal de Minas Gerais, ambas instituciones en Brasil. Asimismo, ejerce como Investigador Visitante en el Karst Research Institute en Eslovenia y desempeña la función de Profesor Visitante en la Universidad de Nova Gorica, también en Eslovenia.

Dr. Álvaro Gerardo Palacio Aponte
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Profesor investigador de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades de la UASLP; como geógrafo tiene una visión integral de la conformación y dinámica del territorio, así como del origen y desarrollo de los procesos naturales y antrópicos que le dan identidad. Sus líneas de investigación se han enfocado a la Geomorfología aplicada, Ecología del paisaje y Zonificación de riesgos naturales. Su producción científica se remite a temas entre los que destacan: Detección de cambios en la morfología costera; Caracterización y dinámica funcional de paisajes singulares; Estudios de relieve y morfo-pedológicos en la Península de Yucatán: diagnóstico de la amenaza de inundaciones, evaluación de daños asociados a huracanes y susceptibilidad a colapsos y subsidencias.



Mtra. Irma Suárez Rodríguez
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Maestra en Mercadotecnia de Negocios Turísticos y Lic. en Administración de Empresas Turísticas. Profesora Investigadora de Tiempo Completo de la carrera de Turismo Sustentable de la Facultad de Estudios Profesionales Zona Huasteca de la UASLP. Directora General de la Red Iberoamericana de Ciencia, Naturaleza y Turismo RECINATUR. Presidenta del capítulo SLP del Colegio Internacional de Profesionales Especializados en Turismo y Gastronomía CIPETURG A.C. Líder del proyecto Geoparque aspirante Mundial UNESCO huasteco potosina Coordinadora de Comités Técnicos de Centro Histórico de Ciudad Valles, A.C. Secretaria Nacional de Asuntos Académicos de la Asociación Mexicana de Centros de Enseñanza Superior de Turismo y Gastronomía AMESTUR. Reconocimiento al mérito académico "Héctor Manuel Romero" en el 2021 "Reconocimiento a Mujer Vallense 2016" en el ámbito profesional.

Dr. Manuel Alfonso Martínez Treviño
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Doctor en Ciencias Sociales con orientación en Antropología Social por el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (sede Occidente), en la línea de especialización de Medio Ambiente y procesos Socioeconómicos. Actualmente desarrolla su segundo año de estancia Posdoctoral en el Posgrado en Derechos Humanos de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Sus áreas de investigación giran en torno a la cultura popular, políticas de desarrollo y etnicidad. Ha sido participe de diferentes congresos, seminarios y coloquios a nivel estatal, nacional e internacional. Cuenta con publicaciones de artículos enfocados a los temas del arte popular y el ecoturismo en zonas indígenas, así como de reflexiones en torno a los derechos humanos y políticas de desarrollo.

Resúmenes de conferencias magistrales

Investigaciones en karst y cuevas en Brasil

Luiz Eduardo Panisset Travassos

Universidad Católica de Minas Gerais, Brasil

Resumen

La bibliografía muestra varios tipos de karst, principalmente debido a sus condiciones de desarrollo, sus principales características de karstificación y geomorfología. El Karst Tropical alberga algunas de las características de karst más impresionantes en la superficie y bajo tierra, mostrando una amplia variedad de formas de terreno. Casi en todas las regiones tropicales se encuentran diferencias litológicas y contactos, cobertura de suelo, actividad microbiológica y biológica, y condiciones climáticas que determinan variaciones en la morfología. Se pueden observar enormes torres de karst, conos, dolinas, bosques de piedra, tsingy y sistemas de cuevas grandes en todo el planeta. El Karst del Sur de China, el Karst de Madagascar, la Península de Yucatán, el Karst del caribe y el Karst del sudeste asiático son solo algunos ejemplos de esta visibilidad mundial, principalmente debido a la relativa proximidad con los centros de investigación conocidos. Muchas de las características de karst que se encuentran en estas áreas también se desarrollaron en Brasil. El país está ubicado en América del Sur, un continente que contiene menos áreas carbonatadas que otras regiones tropicales. Sin embargo, la mayor parte de su karst de carbonato se encuentra en el Macizo Central Brasileño, que alberga las áreas más grandes del continente. Para esta conferencia, el enfoque es el Karst Tropical, su distribución y sus principales aspectos, especialmente en Brasil, destacando la investigación del pasado, presente y futuro.

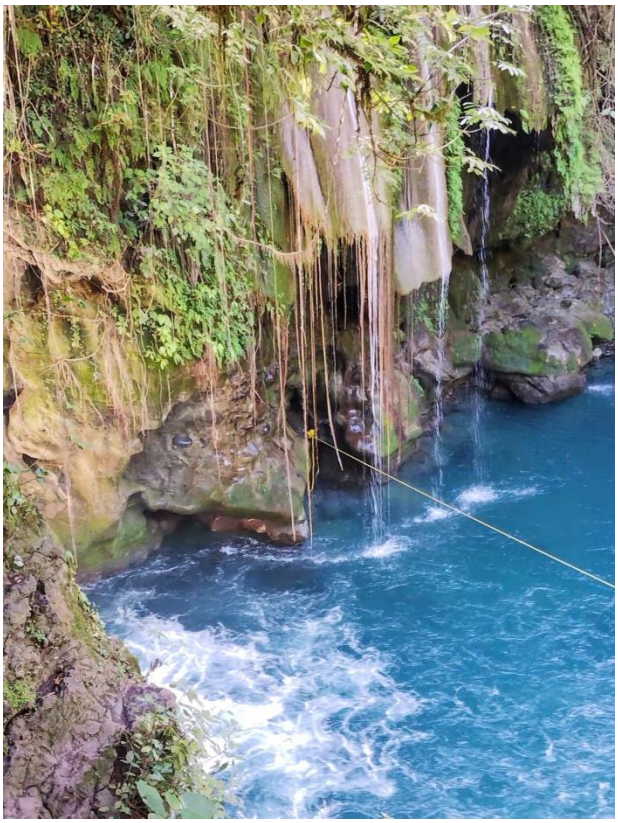
Origen geomorfológico ambiental de los paisajes kársticos en San Luis Potosí

Álvaro Gerardo Palacio Aponte

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Resumen

La confluencia de diferentes condiciones ambientales en San Luis Potosí propicia una amplia diversidad de paisajes físico-geográficos. Los paisajes kársticos en particular corresponden con la región Huasteca en donde las morfo-estructuras plegadas, la disponibilidad de agua y de rocas carbonatadas propician un importante desarrollo de geoformas epi e hipogeas kársticas, de relevancia nacional e internacional. Asimismo, los importantes controles estructurales presentes en la Sierra Madre Oriental han dado origen a sótanos (simas) sistemas palustres (uvalas inundadas), valles y cascadas kársticas, resurgencias y sistemas cavernarios desarrollados. Para tratar de entender su origen se expondrán algunos criterios geomorfológicos e hidrogeológicos únicos de la Huasteca Potosina.



Geoparque aspirante Mundial UNESCO Huasteca Potosina

Irma B. Suárez Rodríguez

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Resumen

Se presentan los trabajos realizados por un grupo multidisciplinario para la aspiración de seis municipios de la Huasteca Potosina (Tamasopo, Ciudad Valles, Tamuin, Ébano, Aquismón y Huehuetlán) al programa de Geoparques Mundiales de la UNESCO.

Esta iniciativa se concibe como una oportunidad para la gestión del territorio, con una óptica de atención a diversas problemáticas detectadas. Los trabajos se llevaron a cabo desde el abordaje de las Ciencias de la Tierra, y sobre una base de cogestión, que incluye la colaboración de diferentes actores que participan con propuestas y acciones tendientes a la identificación, estudio, conservación y divulgación de los sitios patrimoniales, determinando los mecanismos de evaluación para evidenciar los resultados. Este grupo colaborativo ha contribuido directamente a la aplicación ante la UNESCO, realizando los estudios científicos pertinentes relativos a la identificación y caracterización del patrimonio geológico, natural, cultural e histórico; estudios socioeconómicos y geográficos, mecanismos de preservación y divulgación de los espacios patrimoniales y manifestaciones culturales, así como la vinculación de comunidades rurales e indígenas con el turismo rural y comunitario para la generación de propuestas de Geoturismo.

El análisis realizado, refuerza la creciente necesidad de generar nuevas propuestas de actividades turísticas relacionadas con la geodiversidad, fortaleciendo la identidad y el bienestar de los residentes. Se encontró un gran potencial para el geoturismo, en miras de un turismo sostenible, que destaque el patrimonio geológico, la biodiversidad, la historia y la cultura, beneficiando a las comunidades que en ella habitan, urbanas, rurales e indígenas. Este abordaje de la actividad turística ha permitido proponer acciones para la valoración de la herencia patrimonial y su puesta en valor para favorecer el desarrollo socioeconómico local. Pero, además, para comprender, entre otras cosas, la evolución geológica del territorio y como ha sido impactado por acciones antropogénicas, con miras hacia un mejor futuro, coadyuvando a sensibilizar tanto al residente como al visitante sobre la importancia del patrimonio y su uso responsable.

El karso huasteco visto desde la mirada de los pobladores teenek: Cultura, prácticas y turismo en un complejo sistema de cuevas y cavernas que conforman el teenek tsabaal (territorio teenek).

Manuel Alfonso Martínez Treviño

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Resumen

A través de la presente conferencia se propone realizar un recorrido que va de la concepción teenek del mundo, llamado bokom mim, la cual se encuentra plenamente relacionada a la vivencia de su territorio a través de la conceptualización simbólica de las cuevas y cavernas que forman parte de la Sierra Madre Oriental, pasando por las condiciones específicas de su cultura, vinculada al relacionamiento directo con la naturaleza, hasta llegar a los usos actuales que, priorizando miradas paisajísticas a través del turismo, reconstituyen cotidianamente las relaciones de los habitantes con un espacio caracterizado por sus suelos kársticos.

Así, mediante este recorrido general, se esbozarán reflexiones de corte antropológico en las cuales los seres primigenios como Muxi´ (Dios del rayo) que habitan dentro de la sierra en complejos sistemas de cuevas, cavernas y ríos subterráneos interconectados, dan cuenta de todo

un pensamiento cosmogónico en el cual la ofrenda, el cuidado y la protección de su entorno natural, a partir de sus saberes comunitarios, construye una serie de relaciones específicas que permiten el mantenimiento y protección de este sistema de suelos del cual depende su supervivencia.

A través de la presente conferencia se propone realizar un recorrido que va de la concepción teenek del mundo, llamado bokom mim, la cual se encuentra plenamente relacionada a la vivencia de su territorio a través de la conceptualización simbólica de las cuevas y cavernas que forman parte de la Sierra Madre Oriental, pasando por las condiciones específicas de su cultura, vinculada al relacionamiento directo con la naturaleza, hasta llegar a los usos actuales que, priorizando miradas paisajísticas a través del turismo, reconstituyen cotidianamente las relaciones de los habitantes con un espacio caracterizado por sus suelos kársticos.

Así, mediante este recorrido general, se esbozarán reflexiones de corte antropológico en las cuales los seres primigenios como Muxi´ (Dios del rayo) que habitan dentro de la sierra en complejos sistemas de cuevas, cavernas y ríos subterráneos interconectados, dan cuenta de todo un pensamiento cosmogónico en el cual la ofrenda, el cuidado y la protección de su entorno natural, a partir de sus saberes comunitarios, construye una serie de relaciones específicas que permiten el mantenimiento y protección de este sistema de suelos del cual depende su supervivencia.

Resúmenes de ponencias

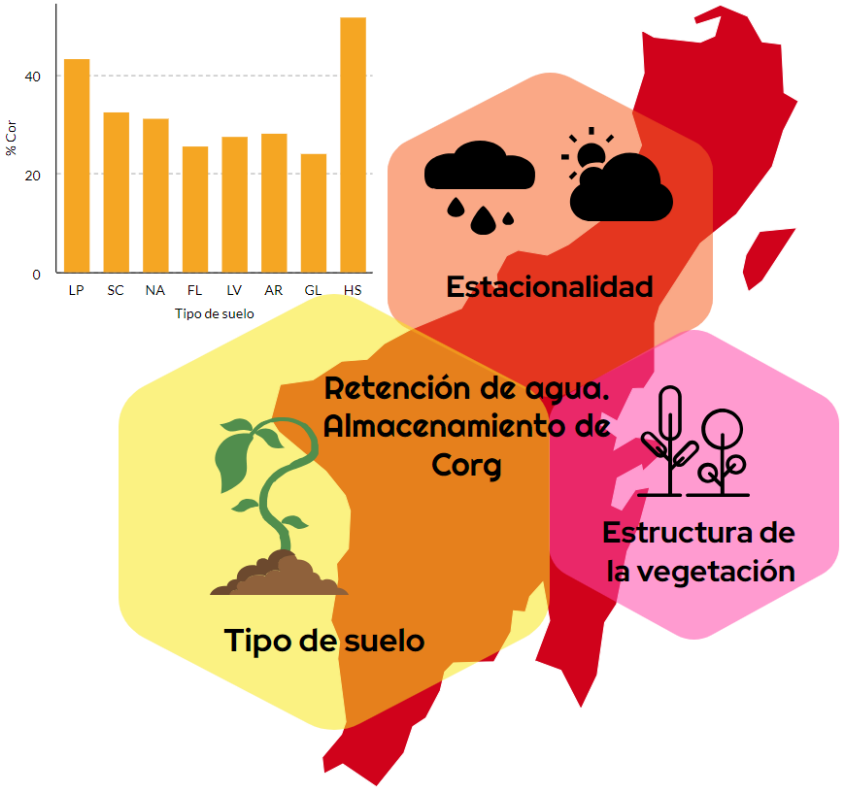
Evaluación de la retención de humedad y carbono en humedales de Quintana Roo

Eduardo Cejudo [A*], Mariana Bravo Mendoza [B], José Jaime Gómez Ramírez [A, C]

[A] CONACYT-Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Unidad de Ciencias del Agua.
[B] Consultora independiente
[C] Universidad Politécnica de Quintana Roo
*Autor de correspondencia: eduardo.cejudo@cicy.mx

Resumen

Los servicios ecosistémicos son todos los beneficios que obtiene la humanidad de los ecosistemas. Dentro de los servicios de regulación, se reconoce que los humedales, especialmente en el suelo, tienen una participación importante en la regulación del clima mediante el almacenamiento y secuestro de carbono, y de regulación del ciclo del agua mediante retención de agua. El suelo es una matriz multidimensional compuesta de material mineral, orgánico, agua, gases y seres vivos. Las condiciones de inundación o saturación en humedales fomentan suelos hidromorfos donde hay acumulación de agua, poco oxígeno y poca oxidación de materia orgánica. El objetivo del presente trabajo es estimar la capacidad de retención de agua y acumulación de carbono orgánico (C_{org}) en la porción superficial de los suelos de humedales del norte de Quintana Roo, con el fin de aportar elementos a la valoración de los servicios ecosistémicos de regulación. Se analizaron 269 muestras de suelo obtenidas de humedales Ramsar del norte de Quintana Roo representando condiciones de lluvias y sequía. Las muestras se procesaron para obtener parámetros edáficos como el contenido gravimétrico, volumétrico, densidad aparente, porosidad y saturación del suelo. Una vez secas, se cuantificó C_{org} por perdida por ignición (550°C). Los resultados obtenidos exploran la respuesta de las variables estudiadas por estacionalidad, estructura de la vegetación y tipo de suelo. La estacionalidad y la estructura de la vegetación no influye en la retención de humedad del suelo ni en el C_{org}. Los humedales arbustivos obtuvieron el menor promedio de C_{org} con 27.5% C (± 20.4) equivalente a 118.25 kg C/m^3; mientras que los humedales arbóreos registraron el mayor promedio (37.5% ± 25) con



176.25 kg C/m^3. El tipo de suelo es el factor de agrupamiento que indica diferencias entre contenido de humedad y carbono en suelo. Los suelos Histosols retienen más agua que el resto de los suelos, la densidad aparente del suelo es menor en Histosols y mayor en Luvisols y Fluvisols; el mayor contenido de carbono se reportó en Histosols y el menor en Fluvisols. En conclusión, es el tipo de suelo y no la estacionalidad o la fisonomía de los humedales (arbóreos, arbustivos o herbáceos) el factor importante para la valoración de servicios ecosistémicos de regulación en humedales de Quintana Roo.

Palabras clave: *agua, servicios ecosistémicos, suelos, vegetación*

Inventario de macroelementos y microelementos en un humedal herbáceo del norte de Quintana Roo, México

Ortiz Aguilar Wendy Yesenia [A*], Cejudo Espinosa Eduardo [A], Ortega Camacho Daniela [A].

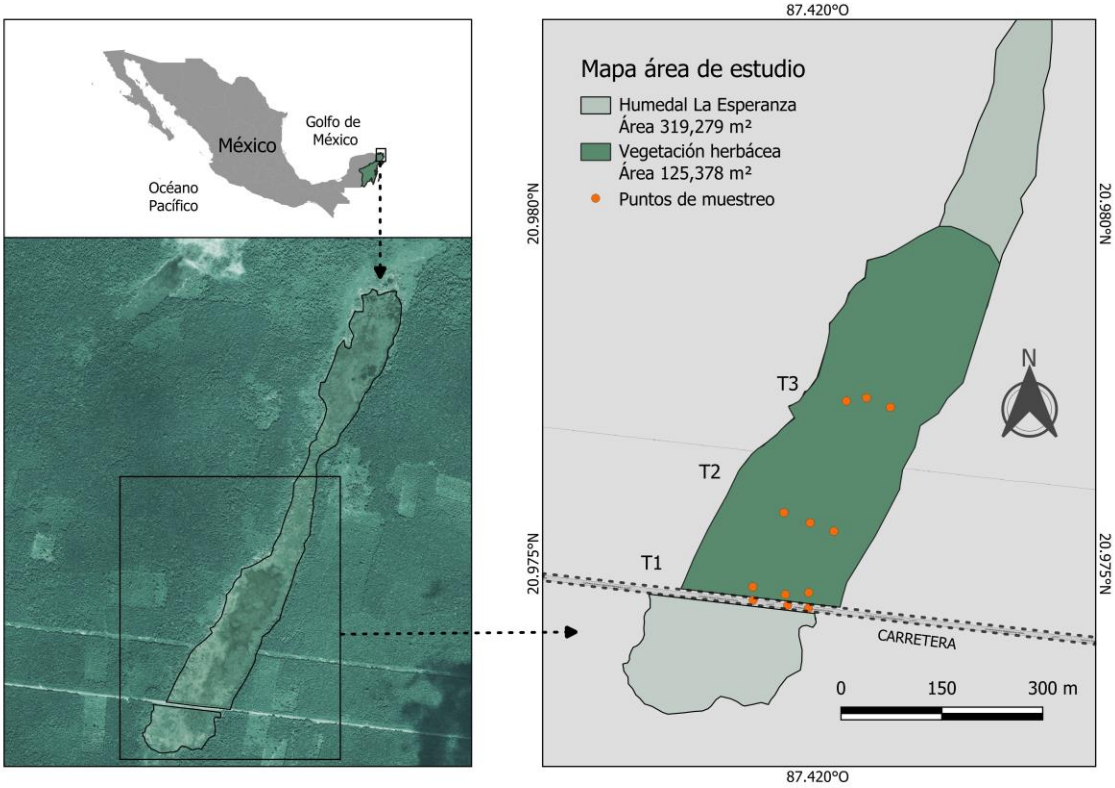
[A]CONACYT- Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Unidad de Ciencias del Agua.
Calle 8, No. 39, Mz 29, SM 64. Cancún, Quintana Roo. 77524.
*Autor de correspondencia: wendy.ortiz@estudiantes.cicy.mx

Resumen

Los humedales proveen diferentes servicios ecosistémicos, en los que se destaca la deposición de sedimentos, retención, almacenamiento e intercambio de nutrientes debido a un conjunto único de procesos biogeoquímicos como resultado de sus características hidrológicas y edáficas. Dentro de la clasificación de los humedales por el tipo de vegetación dominante, se encuentran los humedales herbáceos, dominados principalmente por comunidades vegetales de popales, tulares y carrizales. Actualmente la información que se tiene acerca de los humedales herbáceos a nivel peninsular y nacional, ha sido escasa. El objetivo de esta investigación es contribuir al estudio de humedales herbáceos en el karst de la Península de Yucatán, a través de la elaboración de un inventario de macroelementos y microelementos en un humedal herbáceo localizado al norte del estado de Quintana Roo. Se consideraron 23 elementos (Al, Cd, Pb, Sb, Ti, Ca, K, Mg, Na, P, Fe, Ni, Cr, Mn, Cu, Zn, Si, Ba, B, Co, Li, Mo y V) divididos en cuatro grupos importantes: macroelementos, microelementos, oligoelementos y metales pesados, este último grupo incluido por la interacción directa del humedal con una carretera. Se abarcan seis matrices ambientales (agua superficial, agua intersticial, sedimento, conchas de caracol de la especie *Pomacea flagellata*, tejido aéreo y tejido radicular de *Eloecharis cellulosa*) y una fuente antropogénica (polvo urbano) durante dos temporadas, finales de lluvias (noviembre 2022) y estiaje (abril 2023). El área de estudio se dividió en tres transectos (T1, T2 y T3) perpendiculares a la carretera, siendo el T1 el más cercano a la carretera. Para conocer la composición elemental de las muestras, excepto agua superficial y agua intersticial se determinó por espectroscopia de rayos X de energía dispersa (análisis de EDS). Los resultados preliminares muestran que el tejido aéreo y el tejido radicular tienen la mayor cantidad de macroelementos y microelementos dado en porcentajes en peso (2.97% Ca, 2.2% K, 0.36 % Mg, 2.15% Na, 0.44% P, 0.73% Fe, 2.68% Si y 0.47% Mo). Se detectó la presencia de Al en muestras de sedimento (1.38% T1, 1.19% T2 y 0.38% T3), conchas de caracol (0.25% T3), tejido aéreo (0.38% T1, 0.78% T2 y 0.33% T3), tejido radicular (0.39% T1 y 0.42 %T3), polvo urbano (2.37%) y Cd únicamente en el tejido aéreo (0.73% T1 y 0.5% T2). Hasta el momento se ha logrado identificar la presencia de 10 de

los 23 elementos considerados para este inventario a través del análisis de EDS. El porcentaje del Al en el polvo urbano es más alto en comparación al porcentaje encontrado en el transecto más cercano a la carretera (T1) en las diferentes matrices ambientales, lo que podría apoyar la hipótesis de que la carretera representa una fuente fija que aporta elementos de origen antropogénico al humedal. En la siguiente etapa de esta investigación se cuantificarán los 23 elementos mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) en todas las muestras.

Palabras clave:-*Metales pesados; Polvo urbano; Sedimento; Pomacea flagelatta; Eleocharis cellulosa*



Área de estudio. Humedal Herbáceo La Esperanza, Lázaro Cárdenas, Quintana Roo, México.

Ecosistemas del Karst: la vegetación de Los Petenes

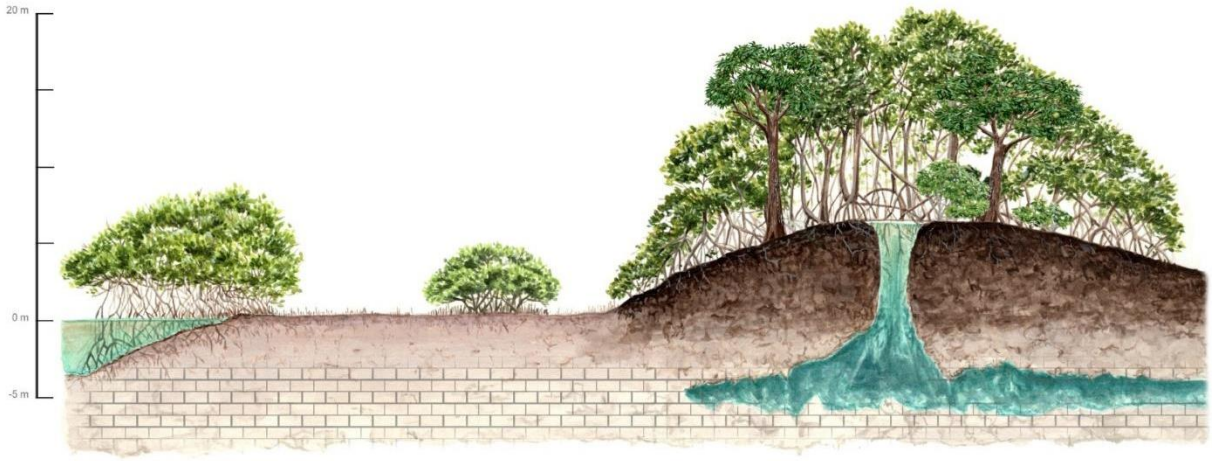
Dafne Aceves-Zayas [A*], Nuria Torrescano-Valle [A], Francisco Bautista [B], David Palma [C], Joel Zavala [C], Rufo Sánchez [D], Pedro Salvador, Gerardo Palacio [E]

[A] El Colegio de la Frontera Sur.
[B] Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.
[C] Colegio de Postgraduados campus Cárdenas, Tabasco.
[D] Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
[E] Universidad Autónoma de San Luis Potosí
*Autor de correspondencia: dafne.aceves.zayas@gmail.com

Resumen

La Reserva de la Biósfera de los Petenes de Campeche, México, es una de las reservas de humedales más grandes y diversas del mundo. Es un ambiente donde el karst interactúa con el océano y crea un dinamismo con la circulación de agua marina que da lugar a paisajes únicos, con gran diversidad de flora y fauna; como los petenes, que son parches circulares de vegetación selvática embebidos en un ambiente altamente salino. La presencia de este tipo de vegetación es posible debido a canales que se forman en la caliza y a través de los cuales el agua subterránea emerge a la superficie; en ocasiones éstos forman cuerpos de agua superficiales llamados "ojos de agua". El objetivo del presente trabajo es caracterizar las comunidades vegetales de la Reserva de la Biósfera de Los Petenes, desde un punto de vista transdisciplinario, identificando las condiciones ambientales, geomorfología, edafología y ecología que las determinan. Se colectaron datos de 35 parcelas, en las cuales se identificaron las especies para cada estrato. Se identificaron 9 comunidades diferentes: petén de selva, petén de manglar, manglar chaparro, manglar de cuenca, manglar mixto, selva caducifolia, manglar-sabana, sabana-*Conocarpus* y manglar de franja. El tipo de vegetación se determinó en función de las características ambientales de cada sitio, siendo uno de los factores determinante la distancia a la costa. Se observó un gradiente de ambientes que van desde lo más salino (franja de *Rhizophora mangle* y mogotes), hasta lo menos salino tierra adentro (Selva baja subcaducifolia). La dinámica de las mareas crea ambientes sujetos a periodos de inundación y sequía, conocidos como blanquizales, caracterizados por su hipersalinidad y vegetación escasa, principalmente *Avicennia germinans*. Dentro de la matriz de blanquizales se encuentran los petenes, "islas" de vegetación selvática que pueden alcanzar los 15 metros de altura o más. Estas islas albergan una gran cantidad de fauna, debido a la disponibilidad de alimento, sombra y agua dulce. Dentro de los petenes es común encontrar especies de importancia maderable y alimenticia como *Manilkara zapota, Metopium brownei, Bursera simaruba, Gymnantes Lucida, Talisia olivaeformis*. Los procesos de cambio continentales como la deforestación y contaminación del acuífero tienen efectos directos sobre las zonas costeras. Los petenes son un ecosistema único que depende totalmente del agua dulce que emana del acuífero kárstico, garantizar la disponibilidad y calidad del agua subterránea que alimenta esta región es esencial para proteger la integridad del sistema y conservar la diversidad de comunidades de flora que habitan la Reserva.

Palabras clave: *Ojos de agua; Acuíferos; Manglar; Reserva de la Biósfera*



Los petenes, estos ecosistemas son producto de la relación entre las características ambientales y la vegetación (Ilustración *Lilian Tellez*®).

Estado del arte de la calidad del agua en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

Pablo Johan Ortega Almazán [A*]

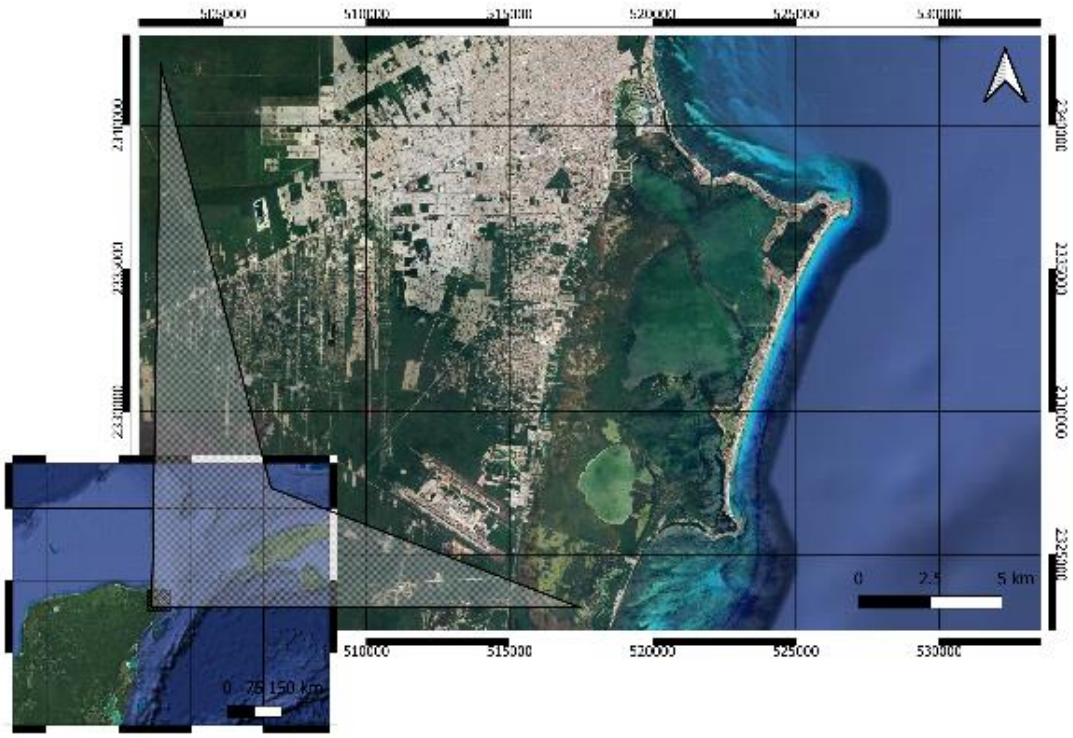
CICY- Unidad de Ciencias del Agua. Calle 8, No. 39, Mz. 29, S.M. 64. Cancún, Quintana Roo, C.P. 77524.
*Autor de correspondencia: pablo.ortega@cicy.mx

Resumen

El Sistema Lagunar Nichupté (SLN) es una laguna costera integrada de múltiples cuerpos de agua con diferentes características y propiedades en la zona norte del estado de Quintana Roo, la cuál ha sido de interés de estudio debido a las características kársticas de la región que identifican múltiples salidas de agua subterránea dentro del SLN, su conexión con el mar Caribe que viene de dos entradas pequeñas en extremos norte y sur del sistema, su riqueza ecológica al colindar con dos ANP, la gran cantidad de servicios ecosistémicos que ofrece, su importancia en el ciclo hidrológico regional y la manera en que la calidad del agua está amenazada por la alta vulnerabilidad a factores externos del sistema y su cercanía con la zona urbana y turística de Cancún. En marco de la construcción del megaproyecto del Puente Vehicular Nichupté sobre el sistema lagunar, este estudio tiene como objetivo integrar toda la información disponible con el fin de entender mejor el comportamiento tan heterogéneo del SLN, los cambios a los que se ven sometidas las propiedades del agua de manera natural, por estacionalidad o por impactos antrópicos y así dar un mejor contexto ante los potenciales impactos generados, además de brindar herramientas para justificar las medidas de mitigación que buscan evitar que la degradación de los ecosistemas continué hasta llegar a un colapso ecosistémico. Este trabajo de revisión recopila toda la información disponible del agua del SNL en cualquier punto del mismo, con el fin de sistematizar la información e identificar los factores predominantes en los cambios en las propiedades del agua, buscando definir cómo la influencian los ciclos estacionales, así como identificar los factores externos que podrían modificarlas de manera significativa. Los términos clave empleados en la búsqueda fueron "*laguna costera*", "*sistema laguna Nichupte*", "*calidad del agua*" la búsqueda arrojó aproximadamente 50 documentos (digitales), de los cuales

15 fueron empleados para esta recopilación con el fin de evaluar la calidad del agua de manera general y en sitios específicos del SLN. De manera general, es posible observar el comportamiento estacional en los elementos mayores, influenciado principalmente por eventos meteorológicos, presentando una mayor heterogeneidad en temporada de lluvias y un agua más rica en calcio y magnesio en puntos en donde se evidenciaría el importante aporte como recarga del agua subterránea, mientras que, en sitios cercanos a zonas urbanizadas se evidencian valores atípico de nutrientes (N y P) y presencia de metales pesados asociados a factores antrópicos; resultados que permitirían evaluar mejor los sitios de acuerdo a sus características específicas o de acuerdo a la estacionalidad. En conclusión, la recopilación de información de diferentes fuentes, permitió llegar a un mejor entendimiento del comportamiento de los elementos mayores del sistema en base a factores estacionales y geográficos, además de permitir identificar valores atípicos a este comportamiento normal, así como brindar respaldo para demostrar el impacto que generan las modificaciones a este tipo de ecosistema, como la eutrofización, presencia de elementos tóxicos y otros impactos antrópicos y sean mejor considerados para modificaciones futuras.

Palabras clave: *Laguna Costera; Sistema Lagunar Nichupté; Península de Yucatán; Calidad del Agua; Recopilación.*



Cambios en la calidad del agua subterránea para irrigación y detección de 2,4-D en Sucilá, Yucatán, México

Marbeya González Mancillas [A*], Javier Orlando Mijangos [B], Eduardo Cejudo [A].

[A]CONAHCYT-CICY, Unidad de Ciencias del Agua, Cancún, Quintana Roo, México
[B]CONAHCYT-CICY, Unidad de Recursos Naturales, Mérida, Yucatán, México
*Autor de correspondencia: marbeya.gonzalez@cicy.mx

Resumen

La península de Yucatán se caracteriza por ser una zona kárstica donde la disponibilidad de agua dulce es únicamente subterránea. Su naturaleza geológica permite que las recargas hídricas sean rápidas, sin embargo, también la hace altamente vulnerable a la contaminación mediante el arrastre de contaminantes que llegan hasta los acuíferos. La extracción del agua subterránea se destina a diversos usos, siendo la agricultura la actividad con mayor consumo hídrico para la producción de diversos cultivos, por lo que los estudios sobre los cambios en calidad hídrica para uso agrícola son de suma importancia. A pesar que se han realizado estudios previos en cuanto a calidad de agua a nivel estatal e incluso regional, las investigaciones dirigidas específicamente a calidad de agua para destinada para el riego agrícola son escasas, por ello el objetivo de esta investigación es identificar cambios en sus propiedades mediante índices de calidad de agua para riego, relacionar la influencia de algunas propiedades del suelo sobre el agua que se infiltra al acuífero y determinar de la presencia de los herbicidas de mayor aplicación en la región, cuyo ingrediente activo es el 2,4-D. El área de estudio está ubicada en la región ganadera del estado de Yucatán, comprendió 20 sitios (ranchos ganaderos) pertenecientes al municipio de Sucilá, donde se identificó la zona agrícola, además, se incluyeron dos sitios de comparación como zonas no agrícolas pertenecientes al Sitio Experimental del INIFAP, ubicado en el municipio de Tizimín, Yucatán y un pozo de captación perteneciente a la empresa AGUAKAN, ubicado en Benito Juárez, Quintana Roo. Los ranchos se clasificaron en tres grupos de acuerdo a la presencia o ausencia de riego y la relación de cabezas de ganado por hectárea (mayor o menor a 1). Se colectaron núcleos de suelo de potreros y en zona de producción de pasto forrajero y agua de pozos de agua subterránea en cada rancho para posteriormente realizar análisis de especies reactivas de nitrógeno y fósforo e iones mayores. En el suelo se analizó la cantidad de materia orgánica (MO) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) para determinar su relación con la calidad de agua. Como resultados preliminares, se evaluó la calidad del agua de acuerdo a índices de calidad de agua para riego como sodicidad, salinidad y toxicidad, basados en valores dados por FAO. En cuanto a la relación de absorción de sodio (RAS) se obtuvieron valores de 1.5 a 3.3, sin tendencia clara por categoría, valor que hasta el momento sugiere un riesgo moderado por toxicidad de sodio. Los valores de sólidos disueltos totales, cloruros, sulfatos, calcio y magnesio estuvieron dentro del rango optimo recomendado, siendo el potasio el único elemento por encima del valor recomendado (2 mg/L). En cuanto a la MO, se obtuvieron valores menores al 5%. La cuantificación del herbicida 2,4-D en muestras de agua está en proceso. En cada uno de los ranchos ganaderos se observaron similitudes en resultados debido al enfoque en el sistema de producción; sin embargo, es necesario seguir evaluando los cambios de calidad hídrica en la zona para evitar futuros problemas tanto en suelo como en calidad de agua disponible en la región.

Palabras clave: *acuífero; calidad de agua; 2,4-D; RAS; Materia orgánica.*

Análisis de calidad de agua y sitios de monitoreo en zonas costeras cársticas: el caso de isla Cozumel, Quintana Roo, México

Ángela Márquez Reyes [A], Adrián Cervantes-Martínez [A], Martha A. Gutiérrez-Aguirre [A], Blanca Quiroga García [B], Agustín Israel Cruz Ortega [B], Diego Chaparro Herrera [C] y Sarahi Jaime [A]

[A]Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, Unidad Cozumel, Departamento de Recursos Naturales. Av. Andrés Quintana Roo, Calle 11 con calle 110 sur, Cozumel, 77600
[B]Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Av. Rafael E. Melgar No. 100, km 15, Interior de la Marina Banco Playa (Puerto de Abrigo), de la Zona Costera Norte, CP. 77600, Cozumel Quintana Roo.
[C]Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FEZ-Iztacala). CYMA-UIICSE, Lab. De Microecología Ambiental. UNAM. Av. De los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México.

Resumen

El rápido crecimiento de la industria turística en la península de Yucatán (PY), en conjunto con el tipo de suelo cárstico (calcáreo, poroso y permeable), lo hace altamente vulnerable a procesos de

contaminación por descarga de aguas residuales que pueden llegar a la costa a partir de flujos subterráneos, coloquialmente conocidos como “ojos de agua” cuando la descarga se efectúa por debajo del nivel del mar. En la región costera de la PY se ha probado que estas descargas son estacionalmente variables, sin embargo, en los manantiales costeros cársticos de Isla Cozumel, aún no se determinado si estos flujos son variables en el tiempo, cuál es la calidad de agua que descargan y si estos representan un riesgo para los ecosistemas costeros y arrecifales de la isla, debido a que, a través del sistema cárstico, el agua que se infiltra puede acarrear contaminantes provenientes de fosas sépticas mal construidas o sistemas de drenaje deteriorados. Este trabajo tuvo como objetivo, analizar variables físico-químicas y microbiológicas indicadoras de calidad de agua en 26 puntos de la zona costera y marina del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel (PNAC), ubicado en isla Cozumel, Quintana Roo, México. Se evaluó el comportamiento de variables como la temperatura del agua, salinidad, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos durante meses representativos de las épocas climáticas características en la región (nortes, lluvias y secas), considerando dos estratos de la columna de agua (superficie y fondo). Se recolectaron muestras de agua en los puntos y estratos mencionados para medir en laboratorio la concentración de nutrimentos como nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-), así como coliformes fecales y totales. Los resultados mostraron que la mayoría de las variables físico-químicas y microbiológicas no pasaron los límites máximos permisibles para la protección de la vida acuática, establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021 y en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89), presentando pH´s básicos (7-8.8), aguas bien oxigenadas (≥5 mg/L), transparencias totales y concentraciones bajas de nutrimentos, así como de bacterias coliformes. Los datos fueron analizados empleando estadística descriptiva y análisis estadísticos de conglomerados (dendrogramas). De acuerdo con el índice de distancia métrica euclidiana de este último análisis, el cual se basa en semejanzas y/o discontinuidades entre sitios, fue posible identificar grupos que se emplearon para sugerir sitios de monitoreo estratégicos para la evaluación rápida de calidad de agua en el PNAC.
Palabras clave: calidad de agua, descargas subterráneas, zona cársticas.

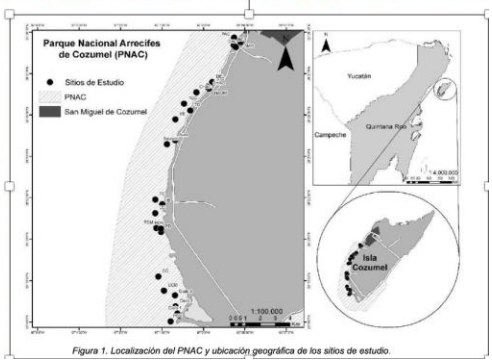


Figura 1. Localización del PNAC y ubicación geográfica de los sitios de estudio.

Caracterización de agua subterránea de distribución a poblaciones cercanas al trazo del megaproyecto "Tren Maya"

Argentina Rabago Castro [A], Gilberto Acosta González [A], Rosa María Leal Bautista [A]

[A]CONAHCYT-CICY, Unidad de Ciencias del Agua, Cancún, Quintana Roo, México.

Resumen

La península de Yucatán posee una geomorfología de tipo kárstica, caracterizada por una composición en la que predominan las rocas carbonatadas. En esta región, se encuentra un acuífero de agua dulce que se sitúa sobre una capa de agua salada. Ambas características hacen que el acuífero sea vulnerable y esté expuesto fácilmente a algunos eventos de contaminación; la intrusión de agua de mar y la contaminación por actividades antropogénicas. Este trabajo se enfocó en seleccionar sitios cercanos al trazo del tren Maya con diferencias en su densidad poblacional, litología, el uso del suelo, entre otros factores relevantes. Con el objetivo principal de realizar una caracterización del agua utilizada para el suministro público, evaluar su calidad y a su vez establecer una línea base del recurso hídrico. Las tres localidades clave que se eligieron de la península de Yucatán fueron Valladolid (Yucatán), Puerto Morelos (Quintana Roo) y Calakmul (Campeche). Se llevaron a cabo muestreos en varios sitios de cada localidad y se evaluaron parámetros físicoquímicos y bacteriológicos para determinar la calidad del agua destinada al uso y consumo humano. Asimismo, se realizaron estudios comparativos con las normativas y estándares nacionales e internacionales. Los resultados obtenidos en cuanto a la

parte fisicoquímica (pH, conductividad eléctrica y temperatura) cumplen con las características que debe tener el agua subterránea, y en cuanto a los resultados bacteriológicos, pocos puntos de muestreo son los que se encuentran por encima del límite máximo permisible que establece la NOM-127-SSA1-2021, la cual da a conocer los parámetros de la calidad del agua para uso y consumo humano. Dichos resultados permiten contribuir al conocimiento de la calidad del agua subterránea que se distribuye en estas poblaciones y su potencial vulnerabilidad al acuífero ante el megaproyecto del tren Maya, así como proporcionar información a los actores correspondientes para la toma de decisiones en la gestión del agua de estas localidades. El acceso a esta información permitirá influir en las acciones de la población en general que resalten la importancia de conservar la calidad de los recursos hídricos y fomentar prácticas responsables de uso del agua, y por consecuencia el aseguramiento y preservación de la salud humana, el bienestar de la población, y la sostenibilidad a largo plazo.

Palabras clave: *Península de Yucatán; Calidad de agua; Tren Maya.*

Controles sobre la variabilidad temporal de Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca en las aguas de goteo de un sistema kárstico del norte de Quintana Roo

Lases-Hernández M.F.[A], Bernal-Uruchurtu J.P.[B], Beddows P.[3C], Mallon, E.[D], Olivares-Amador J.L.[A], Pérez-Arvizu O.[B], Piacsek, P.[B], López-Aguiar K.[A]

[A] Unidad de Química en Sisal Facultad de Química, UNAM Campus Yucatán
[B] CEGEO UNAM, Campus Juriquilla
[C] Northwestern University Evanston IL
[D] Triple Point Design Evanston IL

Resumen

Los precipitados de carbonatos secundarios de cuevas (o espeleotemas) se utilizan ampliamente en todo el mundo para reconstruir el hidroclima y una amplia gama de características paleoambientales. Debido al efecto de cantidad en zonas tropicales y subtropicales, el indicador paleoclimático más utilizado para reconstruir las condiciones húmedas y secas de una región es la composición de isótopos estables de oxígeno ($\delta^{18}O$) de la calcita de las estalagmitas. Hay otros indicadores menos estudiados que también pueden ser determinados en las estalagmitas como por ejemplo, la composición isotópica estable del carbono ($\delta^{13}C$) y la variabilidad de las razones elementales con respecto al calcio (Mg/Ca, Sr/Ca, Ba/Ca). Estos últimos podría estar reflejada la variabilidad hidroclimática de una región, si a nivel estacional el proceso de la Precipitación Previa de Calcita (PCP por sus siglas en inglés) está presente en el epikarst de las cuevas. Presuntamente la recarga en el epikarst regularía la PCP la cual a su vez podría estar regulando la variabilidad estacional en la concentración de los elementos traza de los carbonatos disueltos (e.g. Mg, Sr, Ba) presentes en el agua de goteo debido a las diferencias en sus coeficientes de partición y si ningún otro proceso que altere las concentraciones de estos elementos está ocurriendo en el sistema. Para comprender a profundidad un indicador paleoclimático es necesario realizar monitoreos in situ de largo plazo en los sistemas de cuevas, que nos permitan comprender la evolución geoquímica de las aguas y los carbonatos secundarios y el control que ejercen sobre esta evolución distintos procesos climáticos y ambientales, tales como la recarga, la ventilación de las cuevas, la mezcla de aguas, entro otros. En este estudio nosotros presentamos resultados de la variabilidad temporal de las razones Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca de diferentes sitios de goteo de una cueva kárstica localizada en el norte de Quintana Roo a partir de un monitoreo a escala mensual realizado durante 2014-2022. Y sus implicaciones para la reconstrucción hidroclimática a partir de estalagmitas de la región.

Palabras clave: *Estalagmitas; Hidroclima; Epikarst; Cueva*

Concentración de metales pesados en sedimentos de cenotes urbanos en Cozumel, Quintana Roo

Daniela Ortega-Camacho[A*], Eduardo Cejudo-Espinosa[A], Claudia Avalos-Echeagaray[B], Gilberto Acosta-González[A]

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

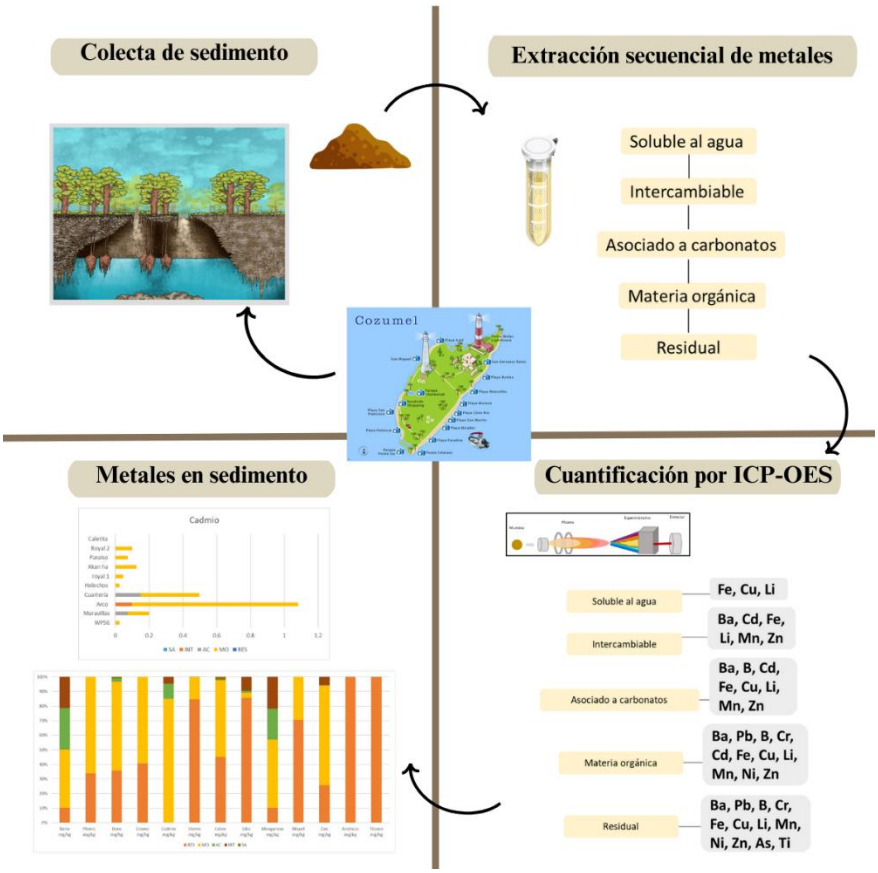
Estudiante de la carrera de Ingeniería en Biotecnología de la Universidad Politécnica de Sinaloa.

*Autor de correspondencia: daniela.ortega@cicy.mx

Resumen

La isla de Cozumel es la tercera más grande de México y la más poblada, forma parte del estado de Quintana Roo y por su naturaleza cárstica es vulnerable a la contaminación. Su principal actividad económica es el turismo y su única fuente de agua dulce proviene del acuífero cárstico en el que se encuentra. El estudio de los metales pesados en el sedimento es de importancia debido a la información que brindan acerca de la constitución de esta matriz y del impacto antropogénico que tienen en el medio ambiente. El objetivo de este trabajo es evaluar la contaminación por metales pesados en muestras de sedimento provenientes de cenotes urbanos de esta isla. Se colectaron muestras de sedimento superficial (primeros 10 cm) en la zona saturada (inundación menor a 10 cm) de 10 cenotes urbanos dentro de la isla de Cozumel. Se llevó a cabo la metodología de extracción secuencial y posterior cuantificación de cada metal en cada fase de extracción mediante la técnica analítica de ICP-OES. En los sedimentos de estos cenotes urbanos hay presencia de los metales Ba, Pb, B, Cr, Cd, Fe, Cu, Li, Mn, Ni, Zn, As, y Ti. Las fases solubles al agua e intercambiable (las más biodisponibles) tuvieron presencia de los metales: Fe, Cu, Li, Mn y Zn, pero no representan un riesgo a la población o al medio ambiente. Las fases residuales y asociadas a materia orgánica en la extracción secuencial fueron las que presentaron una mayor concentración la mayoría de los metales mencionados, cada uno con una tendencia diferente.

Para evaluar el grado de contaminación se calcularon los siguientes índices: Factor de



contaminación, factor de enriquecimiento, potencial de riesgo ecológico y factor de movilidad. De manera general, la isla de Cozumel tiene un riesgo bajo a moderado en cuanto a la presencia de metales pesados a pesar de no tener industria convencional. Hay sitios específicos en donde es más clara la influencia de actividades antropogénicas como el impacto de las vías de comunicación circundantes o las malas prácticas en la disposición de residuos.

Palabras clave: *factor contaminación*; *extracción secuencial*, *cadmio*

Diversidad de Copépodos (Crustácea: Copépoda) Hipogeos en Sistemas Acuáticos Cársticos de la Península de Yucatán

Sararí Jaime [A*], Adrián Cervantes Martínez [A], Eduardo Suárez Morales [B] y Martha A. Gutiérrez Aguirre [A]

[A]Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, Unidad Cozumel, Departamento de Recursos Naturales. Avenida Andrés Quintana Roo, Calle 11 con calle 110 S/N Col. San Gervasio, Cozumel, Quintana Roo, C.P 77600.
[B]El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal, Departamento de Sistemática y Ecología Acuática. Avenida Centenario Km. 5.5, Chetumal, Quintana Roo, C.P. 77014.
*Autor de correspondencia: 1518305@uqroo.mx

Resumen
La Península de Yucatán (PY) es reconocida por ser uno de los sitios con la mayor cantidad de sistemas acuáticos cársticos en el mundo, con aproximadamente 2,200 cenotes que forman ríos subterráneos y sistemas de cavernas. En estos sistemas, habita una gran diversidad de organismos, dentro de los cuales, los copépodos en general son el grupo de los invertebrados hipogeos más dominantes en el mundo, con un registro de más de 1,000 especies conocidas. Los copépodos son fundamentales en la cadena trófica al ser los organismos que están dentro de los primeros niveles de dicho proceso, de igual manera, funcionan como bioindicadores de la calidad del agua en sistemas tan frágiles como los cenotes.

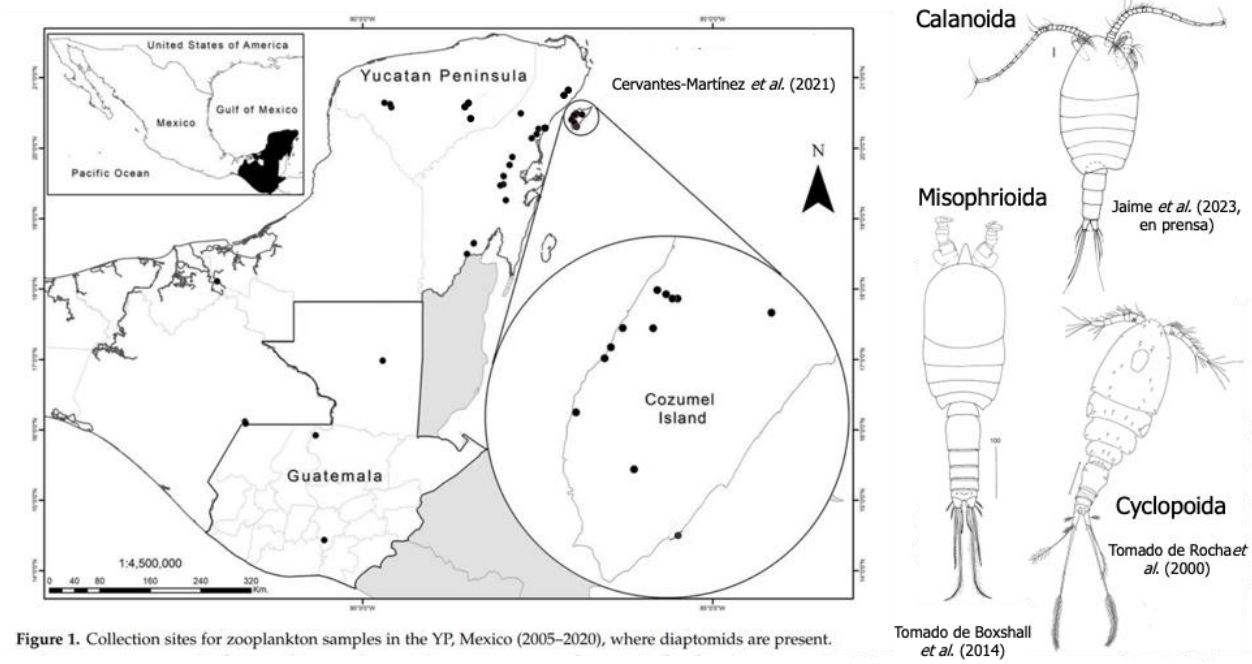


Figure 1. Collection sites for zooplankton samples in the YP, Mexico (2005–2020), where diaptomids are present.

A partir de la revisión bibliográfica de trabajos relacionados con registros y descripciones de nuevas especies, en buscadores como Web of Science, Google Scholar y World of Copepods; incluyendo colectas realizadas con trampas de luz y técnicas de espeleobuceo, mediante arrastres verticales y horizontales con una red de plancton con apertura de malla de 45µm, realizados en dos cenotes de Quintana Roo como análisis complementario; se presenta el estado actual del conocimiento sobre la diversidad de los copépodos hipogeos para la PY. Se identificó que el estudio de estos organismos en la PY es relativamente reciente, con los primeros estudios publicados en 1996 y, de acuerdo con estos registros hasta septiembre de 2023, la diversidad está contenida en copépodos de los órdenes Calanoida (N=5), Misophrioida (N=2) y Cyclopoida (N=10), siendo este último el grupo más diverso; la mayoría de estas formas representan especies endémicas para la región y con características primitivas para las cuales, el estado de Quintana Roo, presentó la mayor diversidad específica, con 13 especies comparadas con 8 registradas para el estado de Yucatán, donde las colectas complementarias en Quintana Roo, revelaron dos nuevos registros para la PY, los calanoides *Edaxiella rubra* Fosshagen, Boxshall & Illife, 2001 y *Bofuriella spinosa* Fosshagen & Illife, 2007. Estos registros muestran que, a pesar de que el conocimiento de este grupo para el país es aún incipiente, ya que el estudio de los copépodos hipogeos en México y la PY es reciente, con una cantidad reducida de especies (N=17), comparado con el registro de más de 113 especies de copépodos epicontinentales (epigeos) conocidas en el país; se puede mostrar la expansión de la diversidad de estas formas de vida en la PY y es probable que estos sistemas acuáticos alberguen una de las regiones con la mayor diversidad de fauna hipogea en el mundo y que actualmente están atravesando una intensa presión antropogénica, aumentando así el valor intrínseco de estos hallazgos, lo que demuestra la importancia de dichos ambientes para su conservación.

Palabras clave: *Copépodos hipogeos*; *Península de Yucatán; Sistemas acuáticos cársticos*

Barbecho y quema: cambios en las propiedades químicas de los suelos

Héctor Estrada-Medina [A*], Oscar Álvarez-Rivera [B], Francisco Batista-Zúñiga [C]

[A] Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.
[B] Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán.
[C] Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México.
*Autor de correspondencia: hector.estrada@correo.uady.mx

Resumen

La quema es una práctica agrícola ampliamente utilizada y parte fundamental del sistema Roza-Tumba-Quema (RTQ) pilar de las milpas mayas. La utilización del fuego en agricultura tiene diversas ventajas, tales como una limpieza del terreno rápida de bajo costo y mano de obra, la eliminación de organismos patógenos del suelo (i.e. hongos, larvas de insectos, etc.), liberación de nutrientes, entre otras. Sin embargo, también se ha reportado que puede tener efectos negativos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. El objetivo del presente trabajo fue analizar los cambios en las propiedades químicas después de la quema, en dos de los principales tipos suelos [Café (Leptosols/Cambisols) y Rojo (Cambisols/Luvisols)] de

dos parcelas con diferente tiempo de barbecho. Se seleccionaron dos parcelas de 1 ha, la primera de 10-15 años de barbecho (B1) y la segunda de 20-25 años (B2), la parcela útil fue de 20x20 m ($400m^2$). Se elaboraron los mapas de profundidad y color del suelo para identificar los sitios para la realización de calicatas y descripción de perfiles. En ambas parcelas, campesinos locales realizaron la RTQ. Se describió un perfil de suelo rojo (PSR) y uno café (PSC) en cada parcela antes (AQ) y después de la quema (DQ), en ambas parcelas se colectaron muestras de suelo por horizonte (H). Se retiró la hojarasca y o cenizas presentes. Las muestras se secaron a temperatura ambiente, se tamizaron a 2 mm y se determinó el pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio de cationes (CIC), carbono orgánico total (COT), nitrógeno total (NT), fósforo Olsen (P), potasio (K), calcio (Ca), sodio (Na) y magnesio (Mg). Aunque hubo una alta heterogeneidad en los suelos, algunas tendencias pudieron observarse. En los suelos rojos de la parcela B1 todas las variables analizadas disminuyeron en el primer horizonte, mientras que en las muestras de la parcela B2, el COT y la CIC disminuyeron y, el N y el Na se mantuvieron. En el primer horizonte de los suelos cafés de la parcela B1, el pH, CE, K, Ca y Mg aumentaron, mientras que el COT, N, P, CIC y Na, disminuyeron. Por otro lado, en las muestras de la parcela B2, pH y CE se mantuvieron, el COT, N, P, K, Ca y Mg disminuyeron y la CIC y el Na aumentaron. La CIC y el COT disminuyeron en el primer horizonte de todos los suelos después de la quema, excepto en el suelo café de la parcela B2 donde aumentó ligeramente. El K, Ca y Mg aumentaron después de la quema en los suelos cafés de la parcela B1 y disminuyeron en la parcela B2, mientras que en los suelos rojos se observó la tendencia contraria. Se concluye que los suelos rojos son los más afectados por la quema en sus propiedades químicas, negativamente cuando el barbecho es de 10-15 años y negativamente cuando el barbecho es de 20-25 años.

Palabras clave: *Agricultura itinerante*; *Milpa maya*; *Roza-tumba-quema*

Aptitud agrícola para el manejo sustentable de la producción de maíz en la Península de Yucatán

Nelda Uzcanga Pérez [A*], Alejandro Cano González [B], Cristina Isabel Chanatásig Vaca[C]

[A] INIFAP-Campo Experimental Mocochá, Km. 25 Antigua Carretera Mérida-Motul. Mocochá, Yucatán, México. C.P. 97454.
[B] INIFAP-Centro de Investigación Regional Sureste, Calle 6 No. 398 x13, Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, Mérida Yucatán México. C.P. 97130
[C] Universidad Internacional Iberoamericana, Calle 15 entre 10 y 12 Colonia IMI III, San Francisco de Campeche, Campeche, México C.P. 24560.
*Autor de correspondencia: neldauzcanga@inifap.gob.mx; neldauzcanga@gmial.com

Resumen

En la actualidad existe la preocupación de garantizar la seguridad alimentaria de la población, pero para lograrlo se deben incluir prácticas agrícolas resilientes, que aumenten no solo la producción sino también, que contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas. Es por ello, que se realizó un estudio para conocer la aptitud agrícola sustentable de tres sistemas de producción de maíz de temporal en la Península de Yucatán: convencional (maíz en monocultivo, labranza mínima, uso de semillas criollas e híbridos y 2.5 ha), milpa (maíz en policultivo, milpa roza, uso de semillas criollas, criollos mejorados y 2.6 ha) y mecanizado (maíz en monocultivo, mecanizable, híbridos, variedades mejoradas y 12 ha). La información se obtuvo de dos fuentes: 1) de las unidades de respuesta homogénea generadas con el modelo *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT). Estas unidades son polígonos que comparten la misma información de escurrimiento, cuenca, pendiente, uso de suelo, sub unidad de suelo, y b) 733 encuestas con productores de maíz (45% Campeche, 35% Yucatán y 20% en Quintana Roo). La coordenada geográfica de la parcela del productor se utilizó como punto de control para seleccionar las unidades de respuesta homogénea para posteriormente extraer la información sobre las características físico químicas del suelo para calcular las funciones de pedotransferencia: Descomposición de Carbono (DC=mg/kg suelo), Mineralización Potencial Anaerobia del Nitrógeno (MPAN=mg/kg suelo), y Retención de Materia Orgánica Disuelta (RMOD=%) que junto con el dato de espesor de la primera capa de suelo (cm), se utilizaron como indicadores parciales para la agregación del Índice de Aptitud Agrícola Sustentable (IAAS) que permitió la clasificación del suelo de las parcelas de los productores en tres categorías apto, moderado y marginal. El mayor porcentaje de degradación de los compuestos del carbono orgánico fue para los tipos de suelo Leptosol y Phaeozem, aunque para el sistema milpa fueron los de menor frecuencia. En el sistema convencional y mecanizado el Leptosol fue el suelo de mayor representatividad. Los valores negativos encontrados en algunos grupos de suelo del indicador MPAN, indican que no hubo liberación de nitrógeno por descomposición y, por lo tanto, no estuvo disponible para el cultivo, lo que repercute en la nutrición de la planta y por consiguiente en los rendimientos. Asimismo, se encontraron valores bajos en el indicador RMOD en suelos tipo Lixisol y Cambisol, lo que limita su capacidad para atenuar los contaminantes ambientales como los agroquímicos. Finalmente, se determinó que el 15.4% de las parcelas fueron aptas (14.9% Campeche y 0.5% Yucatán), 79.7% moderadas (63.2% Campeche, 1.2% Quintana Roo y 15.3% Yucatán) y 4.9% marginales (4.8% Campeche y 0.1% Quintana Roo). El 100% de las parcelas monitoreadas del sistema milpa se clasificaron con una aptitud moderada y con una media de rendimiento de 0.7 t ha^{1}. En el sistema convencional 1.8% fueron aptas (4.6 t ha^{1}), 87.1% moderadas (2.6 t ha^{1}) y 11.1% marginales (2.9 t ha^{1}) y para el sistema mecanizado 21.5%

fueron aptas (4.5 t ha^{1}), 75.0% moderadas (3.8 t ha^{1}) y 3.5% fueron marginales (3.2 t ha^{1}). Asimismo, el valor más alto del IAAS fue para el tipo de suelo Lixisol y Nitisol.

Palabras clave: *sistemas de producción*; *maíz*; *aptitud del suelo*

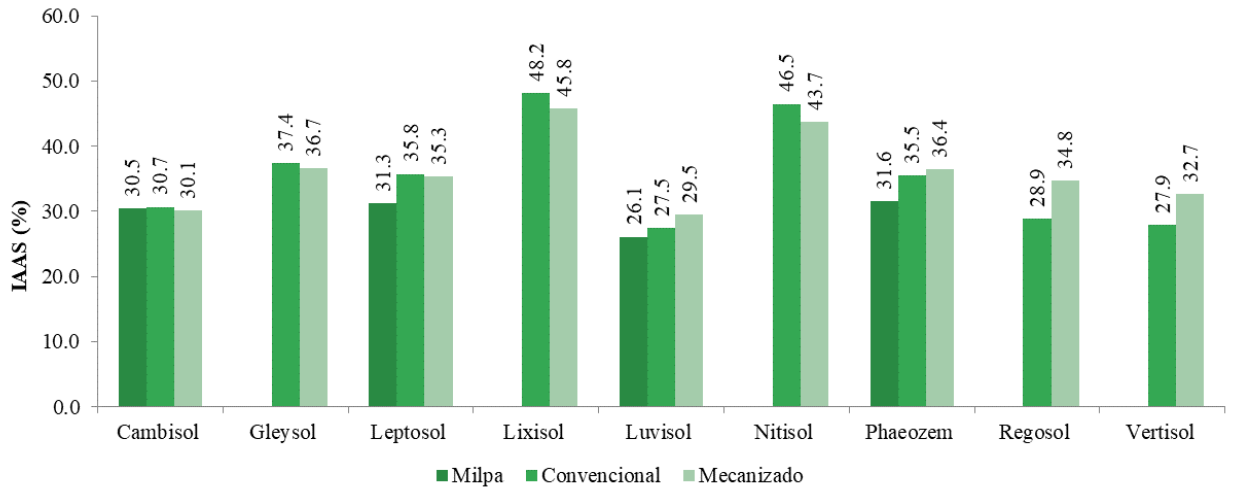


Figura 1. Índice de aptitud agrícola sustentable (IAAS) por grupo de suelo y sistema de producción
Nota: Los suelos tipo Leptosol corresponden a la clasificación de la Base Referencial Mundial del recurso suelo (2007) para Leptosol Húmico Lítico y Leptosol Húmico Réndzico. Los suelos Húmico (hu): son los que tienen el siguiente contenido de carbono orgánico en la fracción tierra fina como promedio ponderado: en Ferralsoles y Nitisoles, 1.4% o más, hasta una profundidad de 100 cm, desde la superficie del suelo mineral; en Leptosoles en los que aplica el calificador Hiperesquelético, 2% o más, hasta una profundidad de 25 cm desde la superficie del suelo mineral; en otros suelos, 1% o más hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral.

Hacia una definición cuantitativa de cenote: Indicadores geomorfológicos para caracterizarlos

Kenya Johana Moguel Valdivieso[1*], Fernando Nuno Dias Marques Simões[2], Efraín Miguel Chávez Solis[2], Dalia Angélica de la Cruz Fernández[2]

1Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
2Universidad Nacional Autónoma de México.
*Autor de correspondencia: kenya_valdivieso@hotmail.com

Resumen

La variedad de estructuras kársticas que encontramos en la región es vasta y la transición morfológica por la evolución de la roca caliza tiende a crear confusión a la hora de diferenciar un morfotipo kárstico de otro. Los cenotes son una forma de disolución natural de la roca caliza que está en contacto permanente con el acuífero, sin embargo, la definición brindada tiende a

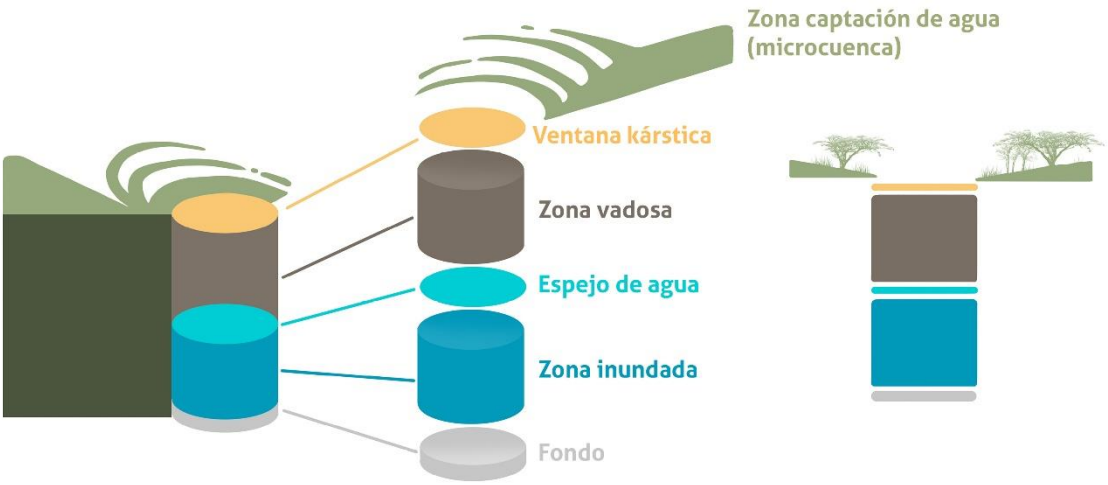
utilizarse para otras estructuras kársticas. Por lo tanto, es imperante la necesidad de caracterizar los límites implícitos de los cenotes que permita diferenciarlos de otras estructuras kársticas. Al entrar en el contexto literario de los cenotes, encontramos rasgos semánticos que describen la estructura y, por lo tanto, describen los patrones del objeto físico. Durante la compilación de la base de conceptos, es evidente que existe una discordancia en las descripciones de cenote que se han usado. El dibujo analítico a partir de estos rasgos semánticos nos permitió extrapolar los conceptos clave a una representación gráfica.

La simplificación geométrica de la estructura nos redujo a seis componentes elementales que representan las fases e interfases de los cenotes: 1) La microcuenca de captación; 2) La ventana kárstica; 3) zona vadosa; 4) El espejo de agua; 5) La zona inundada; 6) El fondo.

Con ello, se busca fundamentar una definición cuantitativa proponiendo métricas específicas en cada componente para datar las características físicas del cenote, que sea útil bajo los márgenes de la amplia variabilidad y constante transformación de las estructuras kársticas.

De esta manera, la implementación de las medidas para el estudio de los cenotes deriva en la interpretación de elementos importantes para la gestión, como la capacidad de carga del sistema o en el sentido ecológico, la disponibilidad de nicho. Con el datado sistemático de los componentes elementales del cenote será efectivo proponer asertivamente programas de educación, restauración, mantenimiento, explotación turística e histórica de los cenotes, de tal manera que consideren las transiciones evolutivas de la geología de la región.

Palabras clave: karst; morfología; cenote; zonificación; cuantitativo.



Servicio ecosistémico "Mitigación de riesgos de inundaciones urbanas en el municipio de Tulum"

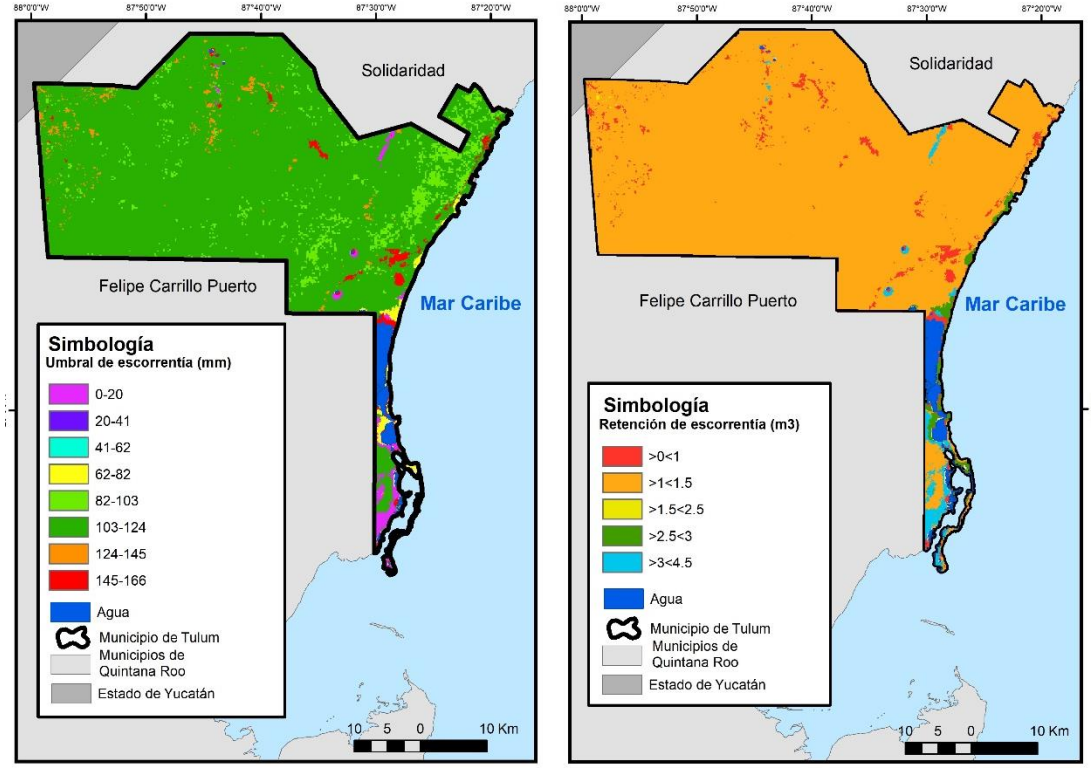
Elsi Margarita May Arias [A] y Lucinda Arroyo Arcos [B]

[A]Doctorado en Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo. Boulevard Bahía s/n esq. Ignacio Comonfort, Col. del Bosque, C.P. 77019, Chetumal Quintana Roo, México. Correo electrónico: emayarias@hotmail.com,
[B]División de Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo. Avenida Andrés Quintana Roo s/n, esq. Calle 110 sur. Col. Maravilla, C.P. 77600, Cozumel, Quintana Roo, México.
*Autor de correspondencia: larroyo@uqroo.edu.mx

Resumen

Una de las principales fuentes de peligro de inundación proviene de aguas pluviales, empero, la infraestructura natural puede desempeñar un papel importante en la mitigación del riesgo, mientras que, con la infraestructura urbana, sucede lo contrario. El municipio de Tulum es una zona kárstica donde predominan los usos de suelo de selva, lo que al igual que la fracturación y porosidad de la roca caliza permiten la rápida filtración del agua de lluvia, sin embargo, existen zonas donde se presentan encharcamientos e inundaciones, esto se debe a factores físicos y humanos. Con el objetivo de analizar el servicio ecosistémico "mitigación de riesgos de inundaciones urbanas" se utilizó la herramienta *InVEST* que emplea datos espaciales para el modelado de distintos servicios ecosistémicos. Por cada uno de estos, *InVEST*, emplea un modelo que requiere diferentes datos de entrada, para mitigación de riesgos de inundaciones urbanas (servicio de regulación), se cuantifica la escorrentía por píxel a través de datos de uso de la tierra y características del suelo. Los principales resultados muestran que, en el territorio, predominan grupos hidrológicos D que se caracterizan por un alto potencial de escorrentía, infiltración muy lenta cuando están muy húmedos y presentan texturas arcillosas. En menor cantidad se observaron grupos de suelos C, los cuales tienen una capacidad de infiltración lenta con texturas franco-arcillosa, franco-arcillo-limosa y Arcillo-Arenosa; se distribuyen principalmente en la costa. El menor umbral de escorrentía se encuentra asociado a las coberturas de uso de suelo tular y la mayor retención de escorrentía en m3 se observó en el uso de suelo urbano y construido, seguido de pastizales y tierras agrícolas. La trascendencia de esta investigación se vincula a la gestión del riesgo por medio de la prevención y el reconocimiento de las zonas de mayor susceptibilidad a inundaciones. Es importante conocer a nivel municipio la retención de escorrentía, el reto es realizarlo a nivel urbano por la disponibilidad de datos. Por otra parte, dadas las características del suelo y el volumen de tormenta, es crucial mantener coberturas vegetales nativas, así como emplear técnicas agroecológicas y utilizar materiales impermeables en la infraestructura urbana.

Palabras claves: *servicio de regulación, características del suelo, susceptibilidad a inundaciones y escorrentías*.



Mapa de escorrentía superficial en comparación con el volumen de tormenta (mm) y por volumen (m3). Las zonas que presentan una mayor escorrentía son las urbanas, los pastizales y las tierras agrícolas, por ende, también presentan una menor retención de escorrentía en m3, que se traduce en un mayor riesgo de inundaciones. El karst permite la infiltración del agua a través de las grietas, al igual que los ecosistemas naturales. Sin embargo, en las zonas modificadas por el hombre, el agua no encuentra espacio y se aceleran los flujos superficiales. Fuente: elaboración propia.

Distribución, uso y conservación de cenotes y cavernas en el municipio de Tulum, Quintana Roo

María Luisa Hernández Aguilar [A*] y Lucinda Arroyo Arcos [B]

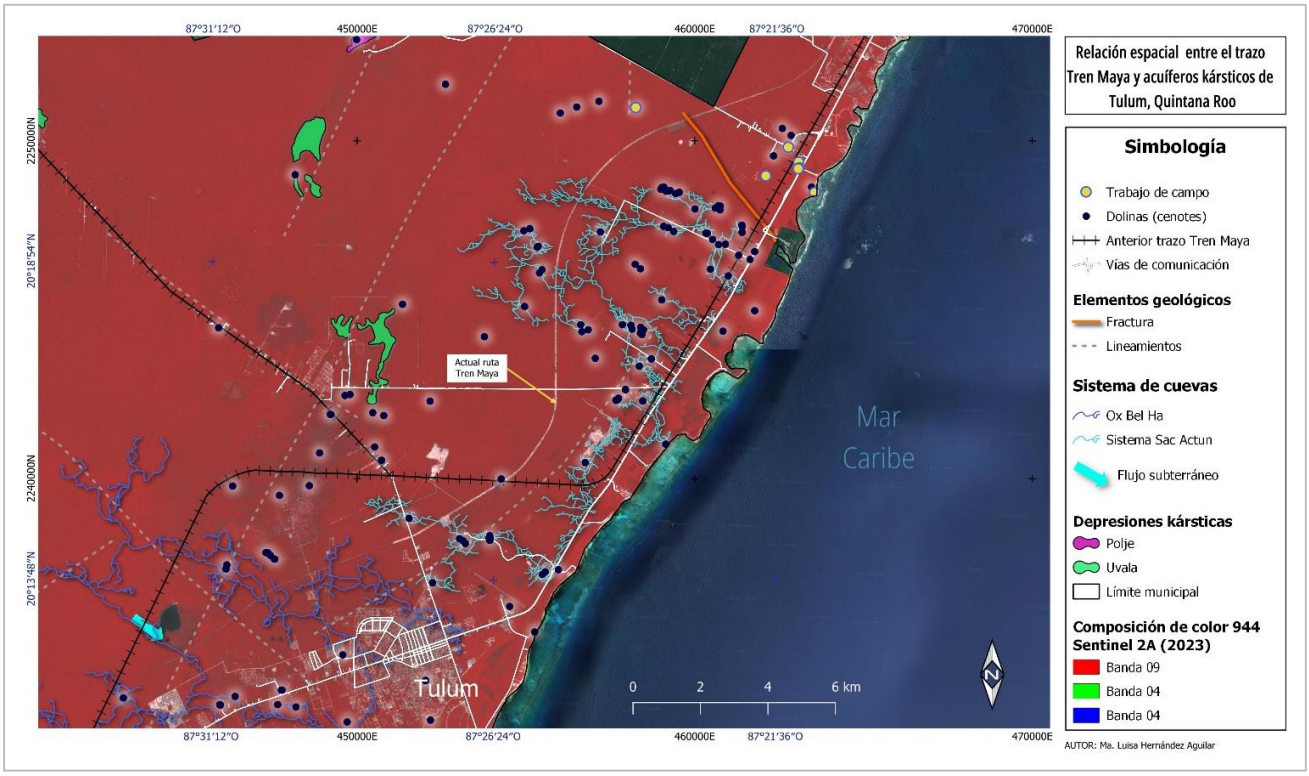
[A] Departamento de Ciencias Ambientales, División de Ciencias, Ingenierías y Tecnología, Campus Chetumal Bahía, Universidad de Quintana Roo, México.
[B] División de Desarrollo Sustentable, Campus Cozumel, Universidad de Quintana Roo, México.
*Autor de correspondencia: malu@uqroo.edu.mx

Resumen

Una gobernanza multinivel integra decisiones que provienen de gobiernos locales (subnacional), nacionales e internacionales (supranacional), el desafío recae en que todos estos niveles deben alinearse para un bien común, sin embargo, existen diferencias marcadas entre regiones y también dentro de ellas. La inclusión explícita de las dimensiones territoriales (integración espacial) es necesaria para la función de movilizar, utilizar y distribuir los recursos a disposición de la sociedad en un momento determinado para lograr los objetivos de desarrollo. Con el proyecto emblemático del gobierno federal del Tren Maya, la construcción del Tramo 5, que

atraviesa el municipio de Tulum, está causando deforestación, desaparición de cenotes, desplazamiento de la biodiversidad, entre otros. Bajo este contexto, el objetivo de este trabajo fue identificar las características, distribución, uso y conservación de las cavernas y cenotes del municipio de Tulum para su integración espacial, orientado al proceso de desarrollo. En la metodología, se toma como referencia la parte legal a través de la aplicación del “Reglamento de cenotes y cavernas del municipio de Tulum, Quintana Roo”, el diagnóstico se realiza con base en el trabajo de campo para su Atlas de Riesgo, y el levantamiento de datos georreferenciados en el marco de proyecto "Caracterización y aprovechamiento sustentable de los servicios ecosistémicos de los cenotes: en el área de influencia ruta tren maya" e investigación desde el posgrado de Geografía de la Universidad de Quintana Roo. En los resultados, se muestran imágenes y mapas cartográficos, donde fue posible registrar los diferentes usos de cenotes y cavernas a manera de muestreo coinciden con la clasificación reglamentada. Sin embargo, actualmente se observan afectaciones, que podrían ser permanentes para su conservación, debido principalmente a que no se está llevando un control de las reglas para su uso y aprovechamiento, se están modificando en su interior, aunado a las técnicas y modos de construcción del Tren Maya, entre otros se exponen mapas cartográficos apoyados de imágenes Sentinel 2A de julio 2023, donde se logran identificar los cambios con el trazo actual del Tren Maya que atraviesa el municipio y su impacto a los ecosistemas kársticos cercanos como cenotes y los sistemas de cuevas Ox Bel Ha y Sac Ac Tun. Finalmente, los usos identificados en ese espacio, principalmente, fueron los comerciales y los educativos-recreativos, así como ceremoniales y medicinales, no obstante, se constató que el impacto por la acción antropogénica es de contaminación por sedimentación, cambios en la tonalidad del agua debido a la obstrucción del flujo hídrico subterráneo, además que la vibración por uso de maquinaria pesada puede derivar en colapsos.

Palabras clave: *Cenotes; Cuevas kársticas, Tren Maya, Tulum.*



El diplomado en ecosistemas kársticos

Francisco Bautistaa[A,B]

[A] Centro de Investigaciones en Geografía ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México; [B] Colegio de postgraduados campus Tabasco. Autor de correspondencia: F. Bautista leptosol@ciga.unam.mx

Resumen

Aun cuando el karst ocupa el 20% de la superficie del país, estos ecosistemas terrestres tipo kársticos son desconocidos para la población, incluso para la comunidad científica. Esta situación se explica por varias razones: escasas población que habita el karst, bajo potencia agroforestal y pecuario, y la educación universitaria fragmentada (agua, suelos, plantas, fauna). En los últimos años los ecosistemas kársticos enfrentan grandes riesgos debido al desconocimiento de su potencial y riesgos, como el crecimiento de la población, al uso intensivo de la tierra, al cambio climático, la ocupación de nuevos territorios, falta de profesionistas que los conozcan y manejen de manera sustentable, y a la falta de una legislación que regule el manejo de estos ecosistemas. El objetivo de este ensayo es el diseño del programa del diplomado en ecosistemas kársticos como una estrategia de comunicación e interacción de la AMEK con las universidades interesadas en el tema. Se propone que el diplomado conste de los siguientes temas: I. Introducción a las ciencias del karst (conceptos básicos, historia del karst, karstología como ciencia moderna, las asociaciones para proteger el karst). II Tipos de rocas y la hidrogeoquímica (tipo de evaporitas, la química del karst, el proceso de disolución, familias y flujos de agua). III Morfología de los paisajes kársticos en el mundo y las escalas geopedológicas. IV. La nueva karstología (karst de Europa, karst de Asía, karst de EEUU, Canadá y México). Las fuerzas que regulan y modelan el karst por arriba y las fuerzas que regulan y modelan el karst por abajo. V. Estructura y función de los ecosistemas kársticos (ecosistemas kársticos, ecosistemas pseudokársticos, ecosistemas subterráneos). VI. Los riesgos del manejo del karst (Inundaciones, colapsos, degradación de suelos, pérdida de la biodiversidad, contaminación del agua, suelo, polvo y aire). VII El manejo sustentable de los territorios kársticos (legislación para: el crecimiento urbano, turismo, agricultura, ganadería, manejo del bosque y meliponicultura, la industria). VIII. Karst y sociedad (arqueología en el karst, antropología en el karst, el karst y las sociedades modernas, el karst como paisaje escénico, el karst y la cultura). La impartición del diplomado en ecosistemas kársticos contará con la colaboración de investigadores e instituciones diversas, tales como la UNAM, Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Yucatán, INIFAP, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ente otras. El diplomado en ecosistemas kársticos vendrá a cubrir las necesidades de conocimientos y concientización que el país necesita.

Palabras clave: *Educación, Manejo Sustentable; Paisajes Kársticos.*

BOOK COVER
El diplomado en ecosistemas kársticos
I
KARST
Plantas
Suelo
Caliza dura
Sascab, caliza suave
Agua subterránea
Coquina, caliza con conchas

“Karst Huasteco, San Luis Potosí ”. Foto: Manuel Martínez

Asociación Mexicana de Estudios Sobre el Karst