

MEMORIAS

V REUNIÓN ANUAL de la Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (AMEK)

“Commemorando el Año Internacional de las Cuevas y el Karst”



Del 20 al 22 de octubre de 2021.
Universidad Anáhuac, Cancún, Quintana Roo.

@CICYoficial    



MEMORIAS

V Reunión Anual de la Asociación
Mexicana de Estudios sobre el Karst
(AMEK)

“Conmemorando el Año Internacional
de las Cuevas y el Karst”

D.A.R. 2021. *Memorias. V Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (AMEK) "Conmemorando el Año Internacional de las Cuevas y el Karst"*. Cada uno de los autores de las ponencias, Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (AMEK) y Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY).

Esta obra debe citarse de la siguiente forma:

Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (AMEK). (2021). *Memorias. V Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (AMEK) "Conmemorando el Año Internacional de las Cuevas y el Karst"*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

En el caso de ponencias:

Apellidos, Iniciales de Autor/es de la ponencia. (2021). Título de la ponencia. Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (AMEK). *Memorias. V Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (AMEK) "Conmemorando el Año Internacional de las Cuevas y el Karst"* (pp. xx-xx). Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

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 que se den los créditos correspondientes.

© Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
Calle 43 # 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo
C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México.
Integrante del Sistema de Centros Públicos de Investigación Conacyt.

Primera edición: diciembre 2021.
Coordinación editorial: Julio César Domínguez Orta.
Cuidado editorial: Miguel Gibrán Román Canto.
Diseño editorial: Norma Marmolejo Quintero.

Impreso y hecho en México.

Consejo Directivo de la Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst, A.C. (AMEK)

Dra. Yameli Aguilar Duarte
Presidenta

Dra. Patricia Quintana Owen
Secretaria

Dr. Héctor Estrada Medina
Tesorero

Comité Organizador Local V Reunión Anual AMEK-Cancún

Dr. Eduardo Cejudo (Conacyt-CICY)
Coordinador Local

M. C. M. Fanny de Gante Ayora (CICY)
Biól. Blanca Azucena García Gual
Ing. Ramón Bejarano Carrasco (Universidad Anáhuac Cancún)
Coordinación Logística

M. C. Jorge Carlos Peniche Pérez
Coordinador de concurso fotográfico

L. C. C. Julio César Domínguez Orta
Coordinador de Difusión

Dra. Iris Nava Jiménez
Dr. Christian Berriozábal (Universidad Politécnica de Quintana Roo)
Apoyo logístico

Jesús Hernán López Albornoz
Apoyo de operación y de movilidad



El karst. Eduardo Cejudo Espinosa

CONTENIDO

- 10** CALIDAD DE AGUA DE SUMINISTRO EN VALLADOLID, YUCATÁN: COMPUESTOS ORGÁNICOS, NUTRIENTES Y SULFATO
- 12** DESARROLLO DE APLICACIÓN MÓVIL PARA INVENTARIO Y GESTIÓN MUNICIPAL DE KARST EN SOLIDARIDAD, Q. ROO.
- 13** EXOKARST EN ZONAS URBANAS DE RÁPIDO CRECIMIENTO: CIUDAD DE PLAYA DEL CARMEN, QUINTANA ROO
- 14** CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y GEOQUÍMICA DE UNA DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN QUINTANA ROO, MÉXICO
- 15** EFECTO DE LEGUMINOSAS COMESTIBLES SOBRE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN TAHDZIÚ, YUCATÁN
- 16** ESPECIES FORESTALES SUSCEPTIBLES AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO
- 17** CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE DEPRESIONES KÁRSTICAS: ZONA COSTERA DEL NORORIENTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO
- 18** REGISTRO DE LA BIODIVERSIDAD ASOCIADA A CENOTES A TRAVÉS DE MONITOREO COMUNITARIO Y CIENCIA CIUDADANA
- 19** ¡LA INTOXICACIÓN ES TUYA, LA REMEDIACIÓN NUESTRA! PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN
- 20** CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES EN UN ASENTAMIENTO IRREGULAR EN UNA ZONA KÁRSTICA DEL CARIBE MEXICANO
- 21** REGULACIÓN DE AGUA EN SUELOS DE HUMEDALES: HACIA LA EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
- 22** ESTUDIOS DE NO-UNICIDAD EN LA APLICACIÓN DE MÉTODOS GEOFÍSICOS EN ACUÍFEROS KÁRSTICOS COSTEROS
- 24** ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN
- 25** ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI): ANÁLISIS Y MAPEO DE LA DEFORESTACIÓN EN EL MUNICIPIO DE BACALAR, QUINTANA ROO
- 26** RIESGO DE HUNDIMIENTOS FRENTE A LA CONSTRUCCIÓN DEL TREN MAYA EN EL CORREDOR TURÍSTICO TULUM-CANCÚN, QUINTANA ROO
- 27** CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELOS DE LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CANCÚN, QUINTANA ROO
- 28** ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DE LOS CENOTES DE EL CEDRAL, COZUMEL
- 29** INUNDACIONES Y AGUA SUBTERRÁNEA: HACIA UNA VISIÓN DE CUENCA EN ZONAS KÁRSTICAS
- 30** ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO KÁRSTICO EN ZONAS COSTERAS: CASO PLAYA DEL CARMEN, MÉXICO
- 31** ESTIMACIÓN DE LA ROCOSIDAD EN PARCELAS AGRÍCOLAS CON EL USO DE DRONES

- 32** MEDICIÓN DEL NIVEL DE AGUA EN DOLINAS CON DRONES: ESTUDIOS DE CASO EN YUCATÁN, MÉXICO
- 33** EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE *Gambusia sexradiata* (Regan, 1914) EN LAGUNA CHICHANCANAB, QUINTANA ROO
- 34** TALLERES VIRTUALES DE ARTES Y CIENCIAS PARA CONOCER EL KARST: EXPERIENCIAS CON INFANCIAS Y JUVENTUDES
- 35** CONTENIDO FOLIAR DE NUTRIENTES DE TRES ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES BAJO DIFERENTES CONDICIONES EDÁFICAS Y DE MANEJO
- 36** EL KARST DE MÉXICO: DISTRIBUCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y CONSERVACIÓN
- 37** EVALUACIONES DE SUELOS AFECTADOS POR LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL MUNICIPIO DE TZICATLACOYAN, PUEBLA
- 38** DERECHO HUMANO AL AGUA Y SANEAMIENTO, EJE DE CONFLICTO SOCIOAMBIENTAL A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL
- 39** PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN EL ACUÍFERO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN
- 40** ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS DE LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS EN CENOTES DE QUINTANA ROO
- 41** EL COLOR PARA DETECTAR MUESTRAS DE POLVO CON METALES PESADOS EN ZONAS DE KARST: EL CASO DE MÉRIDA, YUCATÁN
- 42** EL DESORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO EN EL ESTADO YUCATÁN 2021
- 43** DISEÑO URBANO SENSIBLE AL AGUA EN LA ZONA KÁRSTICA BACALAR, QUINTANA ROO, MÉXICO
- 45** CARACTERIZACIÓN DE SUELOS MINEROS Y CULTIVO DE MAÍZ EN UNA ZONA DE EXTRACCIÓN DE MANGANESO
- 46** MODELO DE INFORMACIÓN DE FORMAS DEL TERRENO APLICADO A SUELOS (IFTAS) PARA LA GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA GEOMORFOPEDOLÓGICA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



Laguna Chama. Gilberto Acosta

PRESENTACIÓN

Los territorios kársticos, por definición, son aquellos compuestos por rocas solubles en los que diversos factores contribuyen a su disolución, siendo el de mayor impacto, la presencia de dióxido de carbono disuelto en el agua, que le proporciona acidez. La acción del agua ligeramente ácida en las rocas solubles propicia la génesis de paisajes singulares, tanto en la superficie como en el interior del subsuelo, generando formaciones geológicas de gran belleza y complejidad. Paralelamente, se forman complejos sistemas hidrogeológicos en donde se interconectan, tanto cuerpos de agua superficiales como subterráneos.

En México, se estima que el 20 % de su superficie presenta territorios kársticos en una gran variedad de ambientes geográficos y condiciones ambientales. Por esta razón son heterogéneos y aunque pueden compartir generalidades, la realidad es que ninguna región kárstica es igual a otra.

Identificar lo anterior es de vital importancia, pues en un territorio kárstico se presentan diversos escenarios. Por ejemplo, pueden poseer paisajes que suelen ser atractivos para el turismo o presentar áreas con alguna aptitud agrícola; sin embargo, estos pueden estar en forma de parches o mosaicos con áreas donde el factor edáfico sea una limitante y, por lo tanto, presente una aptitud diferente para cada actividad económica. También pueden ser zonas con mayor exposición a geodesastres como colapsos, intrusión salina, erosión de suelos, contaminación de agua, por mencionar algunos.

Se reconoce que las zonas de karst, por su alta heterogeneidad, son vulnerables a los impactos antrópicos y para minimizarlos se requiere de una

caracterización detallada a diferentes escalas, tanto espaciales como temporales. Por estas razones, para atender y comprender la heterogeneidad de los sistemas kársticos, es necesario la integración de grupos inter y transdisciplinarios. De aquí el origen de la Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (AMEK), una asociación civil sin fines de lucro conformada por una comunidad científica dirigida a las actividades relacionadas con el conocimiento e investigación sobre el karst en México, tanto en aspectos físico-geográficos (relieve, rocas, suelos, agua subterránea, clima) como biológicos, ecológicos y de manejo del territorio kárstico.

En este 2021, en el cual se conmemora el Año Internacional de las Cuevas y el Karst, nos complace tener nuestra V Reunión Anual, en donde cada vez se reúnen más especialistas, profesionistas y público interesado en seguir compartiendo sus trabajos y experiencias en torno a estos territorios, no únicamente desde el área de ciencia y tecnología, sino también en otras áreas como las humanidades y las artes.

Estamos convencidos que debemos seguir promoviendo la colaboración intersectorial e interinstitucional, la divulgación de nuestros estudios y exploraciones, así como la retroalimentación con el conocimiento tradicional y la vinculación con las organizaciones de la sociedad civil, lo cual permite llegar a públicos más amplios y generar instrumentos de políticas públicas encaminadas a un aprovechamiento sostenible de los territorios kársticos.

Dra. Yameli Aguilar Duarte
Presidenta de la AMEK

CALIDAD DE AGUA DE SUMINISTRO EN VALLADOLID, YUCATÁN: COMPUESTOS ORGÁNICOS, NUTRIENTES Y SULFATO

QUALITY OF SUPPLY WATER IN VALLADOLID, YUCATAN: ORGANIC COMPOUNDS, NUTRIENTS AND SULPHATE

Jenny Cauich¹, Grisel Cervantes^{1*}, Camilo Chan¹ y Elsa Noreña²

¹Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico Superior de Valladolid.
Carretera Valladolid-Tizimín km 3.5. C.P. 97780. Valladolid, Yucatán, México.

*Correo electrónico: grisel.cc@valladolid.tecnm.mx

²UNAM-SISAL. Unidad Académica Sisal. Puerto de Abrigo s/n. C.P. 97356. Sisal, Yucatán, México.

Palabras clave: *hidrocarburos aromáticos policíclicos, nutrientes, sistemas de abastecimiento de agua.*

En los últimos años, el crecimiento de la población en la ciudad de Valladolid, Yucatán, ha llevado a un aumento en la demanda del recurso hídrico para necesidades básicas, producción de alimentos, así como de la industria turística.

El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad del agua de suministro, determinando la presencia de dos grupos de contaminantes: los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) y nutrientes y sulfato en aguas subterráneas de la ciudad.

En este estudio se planteó la hipótesis que sugirió diferencias entre las medias de los parámetros de los puntos de muestreo, proponiendo mejor calidad de agua en los pozos que, además, no sobrepasen los Límites Máximos Permisibles (LMP) de la normatividad. Se monitorearon cinco pozos seleccionados por el Sistema de Agua Potable del municipio, con profundidad de entre 60 y 90 m durante un año, específicamente en los meses de marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre de 2019. Con respecto a la determinación y cuantificación de compuestos, se emplearon técnicas analíticas basadas en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, así como

los de la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Para medir los HAP's se empleó cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), y para los nutrientes y sulfato, la fotometría.

Los resultados de los monitoreos demostraron que dos muestreos de los nutrientes estuvieron sobre los estándares de la EPA y normatividad en México; el nitrógeno amoniacal con 0.50 y 0.59 mg/L, el nitrito con 3 y 9 mg/L, el nitrato con valores entre los 10.7 a 12.7 mg/L, todos en la temporada de secas.

La presencia de HAP's en el agua fue mayor en la época de sequía. Los de Bajo Peso Molecular (BPM) con mayor recurrencia en las muestras, así como en mayor concentración, fueron el naftaleno, 2-bromonaftaleno, acenafteno y fenantreno, con concentraciones medias de 13.97, 1.35, 2.13 y 1.99 ng/L, respectivamente. Por otra parte, para los HAP's de Alto Peso Molecular (APM) fueron: fluoranteno, pireno, benz[a]antraceno, criseno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno, con concentraciones medias de 0.32, 0.64, 0.08, 0.21, 1.70 y 0.33 ng/L, respectivamente. De los HAP's, únicamente el total de un pozo con 0.2 µg/L estuvo por arriba de los LMP de México, de 0.1 µg/L.

Las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos no indican contaminación por el

momento, sin embargo, se detectaron en todos los pozos. La presencia de naftaleno en la mayoría de los pozos analizados es relevante, pues sugiere aportes continuos de este contaminante. En un futuro se plantea, además de los parámetros mencionados, incluir microbiológicos que son fundamentales para caracterizar aguas de suministro con el fin de mejorar los historiales de calidad de agua.



DESARROLLO DE APLICACIÓN MÓVIL PARA INVENTARIO Y GESTIÓN MUNICIPAL DE KARST EN SOLIDARIDAD, Q. ROO.

DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATION FOR INVENTORY AND MUNICIPAL MANAGEMENT OF KARST, IN SOLIDARIDAD, Q. ROO.

Sergio Esteban de León López^{1*}, Oscar Frausto Martínez²,
Linda Rachel Martell Hernández³ y Andrés Martínez González³

¹GEOLANDER Consultores S. C. Calle Fernando Quiroz No. 504, Colonia Federal. C.P. 50120. Toluca, Estado de México, México. *Correo electrónico: geolander_consultores@hotmail.com

²Universidad de Quintana Roo, Campus Cozumel. Av. Andrés Quintana Roo s/n con 110 sur, frente a Colonia San Gervasio. C.P. 77600. Cozumel, Quintana Roo, México.

³Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Geografía. Paseo Vicente Guerrero s/n, Colonia Paseos de San Buenaventura. C.P. 50120. Toluca, Estado de México, México.

Palabras clave: *innovación, registro, atributos, cenotes.*

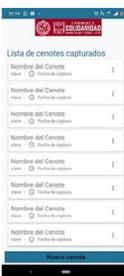
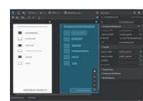
Inventariar los elementos bióticos y abióticos del entorno implica una tarea laboriosa y rigurosa, de lo contrario, las carencias en la calidad de la información y/o en la actualización de esta, podrían significar mayor inversión de recursos, tiempo y personal, ya sea de iniciativa privada o del sector público.

Por ello, la geotecnología aplicada al diseño de colectores de datos en dispositivos móviles representa una solución eficaz, que además de sencilla y bajo costo que, comparada con licencias comerciales especializadas, aporta una secuencia metódica que garantiza la recopilación de datos con suficiencia y calidad. Este desarrollo inédito en México, se denomina *APP móvil para caracterización de depresiones y sus atributos*, teniendo al territorio municipal de Solidaridad, Quintana Roo, como su primer escenario de funcionamiento. Su bosquejo técnico, en conjunto con la experiencia del capital humano, permitieron obtener de manera práctica, ordenada y estandarizada, la georreferencia de cada sitio y hasta 24 atributos temáticos clasificados en ubicación, descripción general, génesis, morfometría, uso actual, problemática y gestión, así como fotografías que ilustren la información almacenada.

Por otra parte, su facilidad de manejo ofrece a los operarios disponer de rutinas cómodas y jornadas significativamente cortas en sus visitas de campo, logrando un registro completo, actualizable y homologado.

Por último, el robusto inventario de variables cuenta con la estructura necesaria para ser compartido (como tabla de datos) rápida y efectivamente entre el dispositivo y cualquier computadora en la que se desee implementar junto a un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Esta innovadora herramienta establece un precedente, derivado de la colaboración técnica entre académicos y el sector privado emprendedor, quedando disponible para su utilización o adecuación en nuevas regiones de estudio o para disciplinas que requieren un complemento de este tipo.



EXOKARST EN ZONAS URBANAS DE RÁPIDO CRECIMIENTO: CIUDAD DE PLAYA DEL CARMEN, QUINTANA ROO

EXOKARST IN RAPIDLY GROWING URBAN AREAS: PLAYA DEL CARMEN CITY, QUINTANA ROO

Oscar Frausto Martínez*, José Francisco Rodríguez Castillo y Wilbert David Uhu Yam¹

¹Universidad de Quintana Roo, División de Desarrollo Sostenible. Av. Andrés Quintana Roo s/n, frente a la Colonia San Gervasio. C.P. 77600. Cozumel, Quintana Roo, México. *Correo electrónico: ofrausto@uqroo.edu.mx

Palabras clave: *percepción remota, planeación urbana, riesgos, manejo de territorios kársticos.*

Las inundaciones, hundimientos, subsidencias, colapsos y asentamientos del terreno, son problemas comunes que afectan a los asentamientos humanos con procesos de karstificación superficial.

La identificación de los patrones de distribución espacial de dolinas, úvalas, poljes y cavernas, se hace imperativo en regiones donde el crecimiento de la mancha urbana rebasa los sistemas de planificación y organización territorial. Así, a través de la generación de modelos digitales del terreno, producto de la manipulación de datos *LiDAR* (*light detection and ranging*, por sus siglas en inglés), se propone una cartografía morfométrica automatizada a escala detallada (altimetría, modelo de elevación, pendientes, sombreado del terreno).

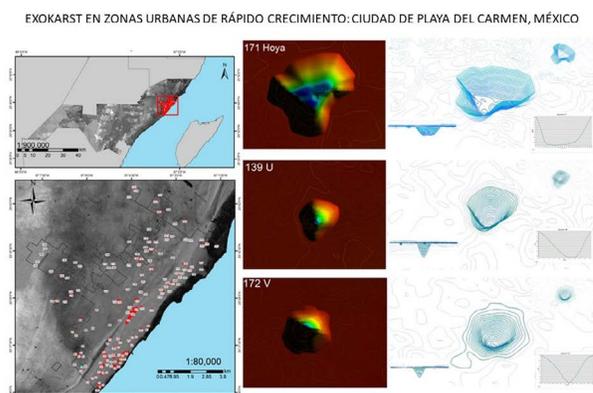
Conjuntamente se reconocieron las depresiones, caracterizando su profundidad, altura, área, superficie, escarpa superior e inferior, índice de elongación, eje mayor y menor, y orientación de las depresiones.

Finalmente, se aplicó un análisis de distribución con el fin de reconocer la disposición y densidad de las depresiones en el sistema urbano de la ciudad de Playa del Carmen, Quintana Roo. Se identificaron 280 depresiones con más de 1 m de profundidad, donde la altitud del relieve no supera los 20 m de altitud y la máxima profundidad es de 9.5 m, donde el 40 % supera los 2

metros de profundidad; el área oscila entre los 309 y 54 201 m²; el índice de elongación varía de 1.03 a 2.46; se reconocen las unidades cuyo eje menor es superior a los 13 m y el eje mayor de 470 m.

Finalmente, se desarrolla una clasificación base del tipo de depresión de forma bidimensional (en Hoya-13.6 %, V-47,8 % y U-23.6 %) y se representan de manera tridimensional a nivel manzana. Al reconocer los patrones de distribución y densidad en la zona urbana, se puede aplicar para visualizar aquellos territorios con alta densidad de presencia de formas exokársticas con procesos de hundimiento y subsidencia, así como aquellos susceptibles a la inundación como herramienta de mejora a la planeación urbana.

No obstante, debido a la escala de resolución espacial, este trabajo solo destaca aquellas depresiones mayores a 20 m² y 1 m de profundidad.



CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y GEOQUÍMICA DE UNA DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA EN QUINTANA ROO, MÉXICO

PHYSICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF A SUBMERGED GROUNDWATER DISCHARGE IN QUINTANA ROO, MEXICO

Eduardo Cejudo^{1*}, Gilberto Acosta González¹,
Daniela Ortega Camacho¹, Geraldine Carbajal Delgado²

¹Conacyt-Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Unidad de Ciencias del Agua. Calle 8, No. 39, Mz. 29, SM. 64. C.P. 77524. Cancún, Quintana Roo. *Correo electrónico: eduardo.cejudo@cicy.mx

²Universidad Politécnica de Quintana Roo. Av. Arco Bicentenario, Mz. 11, Lote 1119-33, SM. 255. C.P. 77500. Cancún, Quintana Roo.

Palabras clave: *flujo volumétrico, isótopos estables, precipitación.*

La caracterización del agua subterránea en paisajes kársticos permite explorar las condiciones en las cuales se infiltró y sus propiedades fisicoquímicas después del tránsito por el suelo y la roca hasta su reemergencia en la zona costera.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar el flujo volumétrico, la geoquímica y composición isotópica en una descarga de agua subterránea, para identificar los cambios estacionales y la contribución del agua de lluvia en la descarga instantánea de agua subterránea.

Se analizaron datos de una descarga de agua subterránea durante 14 meses en Playa del Carmen, Quintana Roo. La descarga se encuentra aproximadamente a 30 m de la línea de playa, el agua sale a la superficie mediante una hendidura en una roca que mantiene una poza de manera permanente. Se midió la velocidad de salida del agua en una oquedad de forma ovalada con área aproximada de 0.0507 m², en la cual se estimó la descarga volumétrica entre 0.01 y 11.2 L/s.

Se analizaron muestras de agua para silicatos, cationes e isótopos estables del agua ($\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$). La descarga volumétrica se correlacionó (Pearson r) con la

precipitación y la salinidad. Los silicatos fueron más altos (5.35 mg/L) con salinidad baja (2.7 UPS), lo cual supone mayor aporte de agua subterránea que agua de mar. Las concentraciones de sodio (369-1554 mg/L), magnesio (36-204 mg/L) y potasio (65-612 mg/L) no se correlacionan con la descarga volumétrica, pero varían de acuerdo a la época del año.

Finalmente, los valores menos enriquecidos de $\delta^{18}\text{O}$ (-4.24 ‰) y $\delta^2\text{H}$ (-21.92 ‰) ocurren con baja salinidad y bajo flujo volumétrico. Usando un modelo de mezcla de dos componentes, estimamos que la contribución local del agua de lluvia oscila entre 0.16 y 21 % del flujo calculado en la descarga de agua subterránea.



EFFECTO DE LEGUMINOSAS COMESTIBLES SOBRE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN TAHDZIÚ, YUCATÁN

EFFECT OF EDIBLE LEGUMES ON SOIL FERTILITY IN TAHDZIU, YUCATAN

Diana Alejandra Cobián Núñez*, Luis Filipe Da Conceição Dos Santos,
Patricia Irene Montañez Escalante, Héctor Estrada Medina y Juan José Jiménez Osornio¹

¹Universidad Autónoma de Yucatán. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5. C.P. 97100. Mérida, Yucatán, México. *Correo electrónico: diana.cobian.dc@gmail.com

Palabras clave: *agricultura sustentable, propiedades químicas del suelo, leguminosas.*

En las últimas décadas, la práctica de agricultura convencional mediante el establecimiento de monocultivos y el uso indiscriminado de plaguicidas ha impactado negativamente sobre la fertilidad y condiciones del suelo.

Se ha documentado que el cultivo de algunas leguminosas puede mejorar la fertilidad del suelo al aumentar la disponibilidad de N (nitrógeno) y P (fósforo), el contenido de carbono orgánico y el humus. Por ello, se evaluó el efecto del cultivo de tres especies de leguminosas (*Vigna radiata*, *Vigna unguiculata* y *Phaseolus vulgaris*), se estableció un diseño experimental en bloques completos al azar y a través de un análisis de varianza se evaluaron las propiedades químicas y la



concentración de nutrientes en un suelo, antes y después del cultivo de leguminosas.

Los resultados indican un suelo del grupo Luvisol, arcilloso de color rojo, con pH neutro, muy baja capacidad de intercambio catiónico, alto contenido de N y C (carbono), pero bajo en P, K (potasio) y materia orgánica. El contenido de Ca (calcio) fue moderado y pobre en Na (sodio). El contenido de materia orgánica, C, N, K y microagregados estables no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de pH, CE (conductividad eléctrica), P, Ca, Na y CIC (capacidad de intercambio catiónico). El contenido de minerales disminuyó después del ciclo de cultivo, posiblemente resultado de la adsorción de nutrientes por los cultivos. Sin embargo, las leguminosas son reconocidas por una rápida descomposición de sus residuos, liberando nuevamente estos minerales al suelo; por ello es recomendable realizar estudios durante períodos más largos.

Se concluye que el cultivo de leguminosas no tuvo un efecto positivo inmediato en el suelo. Sin embargo, las asociaciones y rotaciones de cultivos, particularmente cereales y leguminosas, son muy importantes para lograr agroecosistemas sustentables. Además, la producción diversificada de especies de leguminosas beneficia la seguridad nutricional de las familias en el sur de Yucatán.

ESPECIES FORESTALES SUSCEPTIBLES AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO

FOREST SPECIES SUSCEPTIBLE TO CLIMATE CHANGE IN THE YUCATAN PENINSULA, MEXICO

Teresa Alfaro Reyna^{1*}, Josué Delgado Balbuena¹, Aixchel Maya Martínez² y Yameli Aguilar Duarte³

¹CENID Agricultura Familiar. C.P. 47563. Ojuelos de Jalisco, Jalisco. *Correo electrónico: teresaalfaroreyna@gmail.com

²Campo Experimental Edzná. Carretera Chiná-Poc Yaxum km 4.5. Campeche, Campeche.

³Centro de Investigación Regional del Sureste. Calle 6 No. 398 x 13, Avenida Correa Rachó, Colonia Díaz Ordaz. C.P. 97130, Mérida, Yucatán.

Palabras clave: *estrategia, rango ecológico, distribución.*

Los bosques y los elementos geográficos (relieve, suelos, clima y usos) desempeñan un papel interactivo complejo; están intrínsecamente vinculados y tienen repercusiones mutuas sobre las condiciones ambientales.

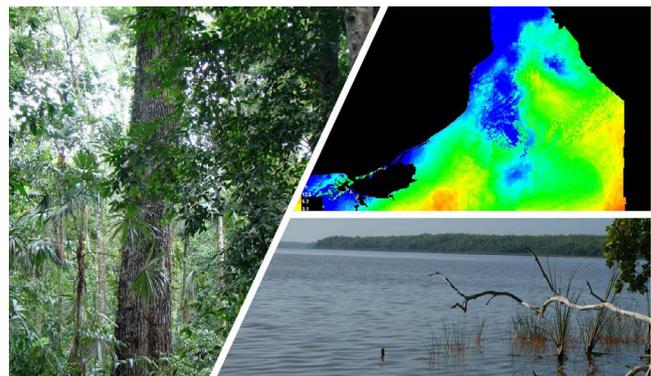
La península de Yucatán está cubierta en su mayor parte por selvas semihúmedas asociadas a paisajes kársticos. Estos paisajes presentan altas tasas de endemismo y, aunque son ecosistemas resilientes, las variaciones climáticas los sitúan como áreas susceptibles al cambio climático.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la susceptibilidad de riesgo al cambio climático de las principales especies arbóreas de la península de Yucatán. Se realizó un análisis multicriterio para jerarquizar variables edáficas, climáticas, uso de suelo, modelo de elevación, modelo de cambio climático, velocidad de crecimiento, tipo de distribución y reproducción de especies arbóreas.

Las variables se integraron en una matriz y se ponderaron del 0 al 4; entre más alto el valor se consideró una situación de alto riesgo. El 10 % de las especies seleccionadas estuvieron en la categoría de riesgo crítico, y el 20 % fueron especies altamente susceptibles al cambio climático.

Estas especies presentan una densidad baja por hectárea, con una distribución restringida, lento crecimiento y presentes en suelos *Ak'al'che'* (que se encharcan). El resto de las especies arbóreas fueron especies con bajo riesgo de cambio, las cuales presentan altas densidades por hectárea, rango de distribución amplio y están presentes en diferentes tipos de suelo y vegetación.

En conclusión, las especies arbóreas de la península de Yucatán muestran diferentes estrategias de adaptación, dependiendo de la amplitud de sus requerimientos como rango de temperatura, tipo de suelo, precipitación y tipo de reproducción. Las especies con mayores restricciones edáficas y de lento crecimiento presentan mayor susceptibilidad de cambio climático que las especies que son capaces de desarrollarse en una amplia gama de condiciones ambientales y que hacen uso de una amplia variedad de recursos.



CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE DEPRESIONES KÁRSTICAS: ZONA COSTERA DEL NORORIENTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO

MORPHOMETRIC CHARACTERISATION OF KARST DEPRESSIONS: COASTAL ZONE OF THE NORTHEASTERN YUCATAN PENINSULA, MEXICO

José Francisco Rodríguez Castillo¹, Oscar Frausto Martínez*¹, Wilbert David Uhu Yam¹ y Orlando Colín Olivares²

¹Laboratorio de Observación e Investigación Espacial, Universidad de Quintana Roo. Av. Andrés Quintana Roo s/n, Esq. Calle 110 sur, Colonia Maravilla. C.P. 77600, Cozumel, Quintana Roo, México.

*Correo electrónico: fraustomartinezoscar@gmail.com

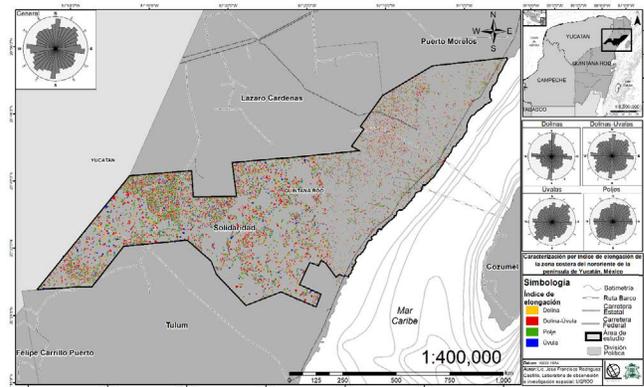
²Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Av. Héroe de Nacozari Sur, No. 2301, Colonia Jardines del Parque. C.P. 20276. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

Palabras clave: *modelos acoplados, AsterGDEM, LiDAR, percepción remota.*

Estudiar el relieve morfológico permite clasificar adecuadamente la forma, elementos y estructura del relieve kárstico que auxilia en la determinación de la génesis, evolución y dinámica geomorfológica. La implementación de herramientas con nuevos métodos y tecnologías, ayuda a desarrollar estudios finos y de mayor precisión en zonas con bajo contraste altitudinal.

El objetivo del presente estudio es analizar y clasificar las depresiones kársticas en la región costera del nororiente de la península de Yucatán. El relieve kárstico se analizó a partir de dos fuentes de datos: a) un mosaico de datos *LiDAR* (*light detection and ranging*), y b) un mosaico de datos del *AsterGDEM* (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model*), los cuales se acoplaron generando datos altimétricos y modelos base.

Posteriormente, se generaron curvas de nivel diferenciando las depresiones, tomando como criterio una profundidad mínima de 1 m, procesando y clasificando las depresiones aplicando un análisis de mediciones morfométricas, clasificación morfológica del perfil ("V", "U" y "U") e índice de elongación (dolinas, dolinas-úvalas, úvalas y poljes).



Se identificaron 10 672 depresiones, donde el 67 % corresponde a depresiones tipo V, 23 % tipo U y 10 % tipo caja; respecto al índice de elongación, el 18 % son dolinas, 42 % dolinas-úvalas, 13 % úvalas y el 27 % poljes, siendo las úvalas y poljes las que poseen mayor complejidad debido al control estructural del sistema de fallas Holbox y Ticul, con una orientación principal de NE7°SW y secundario SE83°NW.

Además, se presenta un inventario de depresiones kársticas, sirviendo de base para la gestión del territorio kárstico costero a nivel municipal. La limitante del estudio se centra en la resolución y acoplamiento de los modelos; los datos *LiDAR* tienen una resolución de 5 m y los datos *AsterGDEM* cuentan con una resolución de 30 m. Sin embargo, acoplar modelos complementa los inventarios de territorios donde no existen datos *LiDAR*.

REGISTRO DE LA BIODIVERSIDAD ASOCIADA A CENOTES A TRAVÉS DE MONITOREO COMUNITARIO Y CIENCIA CIUDADANA

REGISTRATION OF BIODIVERSITY ASSOCIATED WITH CENOTES THROUGH COMMUNITY MONITORING AND CITIZEN SCIENCE

Isaac Chacón Gómez^{1*}, Efraín Chávez Solís², Sebastián Herrera¹, Tonali García¹, Carlos Cruz³, Xóchilt Vital¹, Antar Mijaíl¹, Quetzalli Hernández¹, Pamela Tapia¹ y Nuno Simoes⁴

¹Kalanbio A.C. Calle 27 No. 76, Int. 4, Colonia México. C.P. 97125. Mérida, Yucatán.

*Correo electrónico: akumal.chacon@gmail.com

²Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California.
Carretera Transpeninsular No. 3917. C.P. 22870. Ensenada, Baja California.

³Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida. Tablaje Catastral No. 6998,
Carretera Mérida-Tetiz km. 4.5. C.P. 97357. Ucu, Yucatán, México.

⁴UMDI-Sisal. Puerto de Abrigo s/n. C.P. 97351. Sisal, Hunucmá, Yucatán.

Palabras clave: *naturalista, iNaturalist, biodiversidad, inventario biológico, conservación biológica.*

En la península de Yucatán existen más de 7000 cenotes; por lo cual, para la comunidad científica e instituciones gubernamentales es logística y económicamente imposible realizar un monitoreo biológico que permita el registro apropiado, tanto en tiempo y espacio, de la biodiversidad asociada a los cenotes.

Es por ello que se pretende generar una comunidad de monitores comunitarios y científicos ciudadanos que participen en la recolección de datos de flora y fauna a través de observaciones registradas en la plataforma *iNaturalist*, esto con el fin de establecer una estrategia de monitoreo biológico a gran escala que sea alimentado y actualizado por la comunidad local (monitores comunitarios) y sus visitantes (científicos ciudadanos).

Al momento, dentro de la plataforma se han creado proyectos tipo colección para 50 cenotes; así como proyectos tipo sombrilla que agrupan los cenotes de cada estado de la península de Yucatán y uno que englobe todos los cenotes de la región. En ellos se registran un total de 4340 observaciones, tomadas por 295 observadores que se asocian a 982 especies (Yucatán: 3083, Quintana Roo: 1234, y Campeche: 18).

Acorde a estos datos, el número de especies registradas en *iNaturalist* (982) ha superado a las reportadas en la literatura (751). Sin embargo, aún falta procesar y depurar datos antes de poder combinar ambas fuentes de información para generar un inventario integrado de la biodiversidad asociada a cenotes de la península de Yucatán.

La información recabada, será incorporada a una base de datos que integra información biológica, geográfica, geológica y turística, etcétera, de los cenotes de la península de Yucatán, que será publicada en el sitio web www.cenoteando.org. Al considerar lo anterior, es evidente el gran aporte que la ciencia ciudadana ha brindado al conocimiento de la biodiversidad asociada a los cenotes.

Comunidad de científicos ciudadanos

FORMACIÓN PIRAMIDAL

El capacitador (1) enseña el uso de *iNaturalist* a los gestores de cenotes (2).

Y ellos a su vez, lo enseñan a los turistas (3) que los visitan: como parte de una actividad ecoturística.

Así, el monitoreo biológico lo realizan los miembros de la comunidad y los turistas.



¡LA INTOXICACIÓN ES TUYA, LA REMEDIACIÓN NUESTRA! PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

THE POISONING IS YOURS; THE REMEDIATION IS OURS! RESEARCH PROPOSAL IN THE YUCATAN PENINSULA

José Guadalupe Chan Quijano^{1*}, Ojilve Ramón Medrano Pérez² y Karla Lizbeth Torres López¹

¹Universidad Autónoma de Guadalajara, Campus Tabasco. Prol. Paseo Usumacinta km 3.5, Fracc. El Country. C.P. 86039. Villahermosa, Tabasco, México. *Correo electrónico: jose.chan@uagtabasco.edu.mx

²Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad A.C. Calle Centenario del Instituto Juárez s/n, Colonia Reforma. C.P. 86080. Villahermosa, Tabasco, México.

Palabras clave: *contaminación ambiental, subjetividades, conflictos socioambientales.*

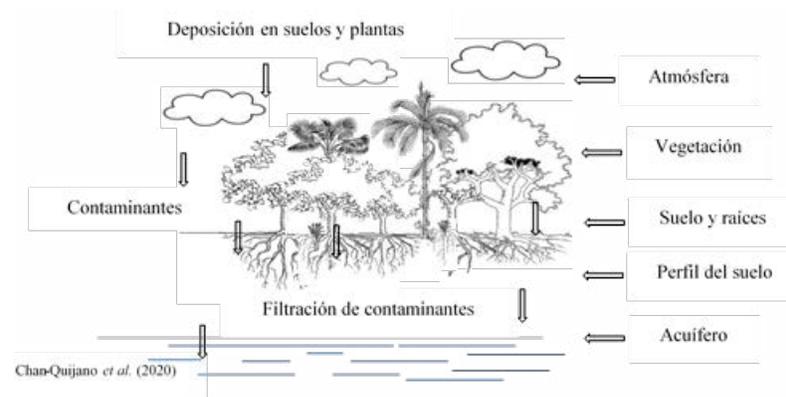
Los suelos kársticos y los acuíferos asociados son particularmente vulnerables a la contaminación puntual o difusa. En este contexto, los ambientes naturales de la península de Yucatán (PY) son altamente susceptibles y están en constante amenaza por la infiltración directa de contaminantes emergentes, cargas orgánicas, metales pesados, plaguicidas y detergentes. El manejo de este tipo de áreas debe partir del conocimiento de su origen, morfología, hidrología y biología, así como de conocer el nivel, concentración y toxicidad de los contaminantes en las áreas kársticas de la PY.

Para garantizar un proceso y directriz en la remediación de ambientes en el área de estudio, se propone evaluar y caracterizar las áreas afectadas por diversas concentraciones de contaminantes que se encuentran en los suelos y sistemas acuáticos de la PY.

Partiendo de la hipótesis de que la calidad del suelo y sistemas acuáticos contienen diferentes concentraciones de diversos contaminantes y que se encontrarán especies vegetales con potencial biorremediador, el trabajo se dividirá en dos fases: 1) recorridos en campo para la colecta de muestras de suelos y agua para caracterización de los recursos con parámetros

físicos, químicos y biológicos, así como para la detección de contaminantes, y 2) evaluación de la percepción de los habitantes para detectar especies vegetales con potencial biorremediador, así como para conocer su sentir por los ambientes contaminados o posiblemente en esta situación.

En este sentido, como posibles resultados se espera tener una descripción socioambiental de los principales modelos de gestión de los suelos y aguas, además de tener una operatividad de técnicas fisicoquímicas, geoquímicas y microbiológicas para evaluar los impactos de la contaminación en la calidad del suelo y agua en la zona kárstica de la PY; para en un futuro, llevar a cabo las directrices y procesos de remediación en pruebas piloto y posterior aplicación en campo.



CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES EN UN ASENTAMIENTO IRREGULAR EN UNA ZONA KÁRSTICA DEL CARIBE MEXICANO

SOCIO-ENVIRONMENTAL CONFLICTS IN AN IRREGULAR SETTLEMENT IN A KARSTIC ZONE OF THE MEXICAN CARIBBEAN

José G. Chan Quijano^{1*}, Dora E. Ramos Muñoz² y José B. Naranjo Álvarez³

¹Universidad Autónoma de Guadalajara, Campus Tabasco. Prol. Paseo Usumacinta km 3.5, Fracc. El Country. C.P. 86039. Villahermosa, Tabasco, México. *Correo electrónico: jose.chan@uagtabasco.edu.mx

²El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Carretera a Reforma km 15.5 s/n, RA. Guineo 2a. Sección. C.P. 86280. Villahermosa, Tabasco, México.

³Consultor independiente.

Palabras clave: *suelo kárstico, disputas socio-territoriales, gestión comunitaria, reflexiones epistemológicas, contaminación.*

Los conflictos de justicia ambiental o ecológicos-distributivos, se caracterizan por la identidad social que nace del manejo que se le da al ambiente natural desde los fines económicos y productivos.

En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar los conflictos socioambientales y de propiedad de la tierra en el rancho "La Estrella" (km 5.5, en Cozumel, Quintana Roo, México). El presente estudio corresponde a una investigación de carácter exploratorio y descriptivo, fundamentada en la recopilación de información a través de fuentes primarias (aplicación de 35 entrevistas semiestructuradas).

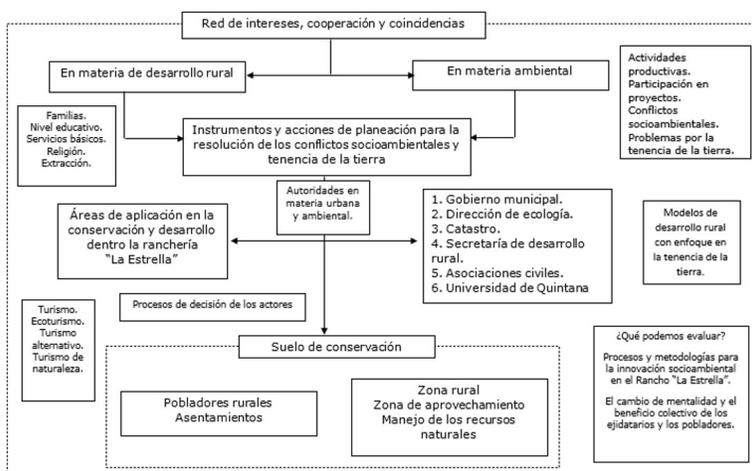
Para ello, se realizaron cinco visitas durante octubre y noviembre de 2015 al área de estudio con el fin de

identificar los espacios, la zona, el paisaje, la infraestructura de las casas-habitación, huertos y los habitantes. Además, se entabló una conversación con el tercer "ejidatario" al mando.

Posteriormente, se utilizó el diseño del proceso de evaluación y rediseño para contextos socioambientales para la búsqueda de soluciones. Los resultados indican que existe una preocupación por la falta de drenaje y los principales servicios básicos, al punto que están creando conflictos socioambientales, principalmente por las aguas negras que se generan, ya que estas se van al manto freático contaminando las dolinas (cenotes) y las aguas subterráneas.

Además, los residuos sólidos se acumulan y en su mayoría son quemados al aire libre. También surgió un tipo de corrupción en el rancho que ha creado disputas entre los habitantes. La vegetación en ocasiones es devastada para construir alguna casa-habitación y la tenencia de la tierra es la principal causa de resentimiento y miedo de los habitantes por temor a perder sus hogares.

Los conflictos socioambientales y por la tierra han generado en la ranchería una repercusión en contra del gobierno, pues buscan ser reconocidos como ejido.



REGULACIÓN DE AGUA EN SUELOS DE HUMEDALES: HACIA LA EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

WATER REGULATION IN WETLAND SOILS: TOWARDS THE EVALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES

Mariana Bravo-Mendoza^{1,2*}, Altayra Lorena Rangel Guerrero³,

Pablo Johan Ortega Almazán³, Gilberto Acosta González¹ y Eduardo Cejudo¹

¹Conacyt-Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Unidad de Ciencias del Agua.

Calle 8, No. 39, Mz. 29, SM. 64. C.P. 77524. Cancún, Quintana Roo.

²Conacyt-ECOSUR, Unidad Villahermosa. Carretera a Reforma km 15.5, s/n. Ra. Guineo 2^a sección.

C.P. 86280. Villahermosa, Tabasco. *Correo electrónico: mariana.bravo@ecosur.mx

³Universidad del Caribe. Lote 1, Mz. 1, SM. 78, Esq. Fraccionamiento Tabachines. C.P. 77528. Cancún, Quintana Roo.

Palabras clave: *densidad aparente, manglar, Ramsar, tular, Quintana Roo.*

Los servicios ecosistémicos son todos los beneficios que obtiene la humanidad de los ecosistemas. Dentro de los servicios de regulación y mantenimiento, se reconoce en los humedales, la regulación de inundaciones y eventos extremos.

El suelo es una matriz compleja compuesta de material mineral, orgánico, agua y gases. Se forma en capas llamadas horizontes, las cuales evolucionan durante el tiempo a partir de material parental y la interacción con procesos físicos, químicos y biológicos. Los suelos de los humedales son hidromórficos, se formaron en condiciones de saturación, inundación o estancamiento de agua y poco oxígeno.

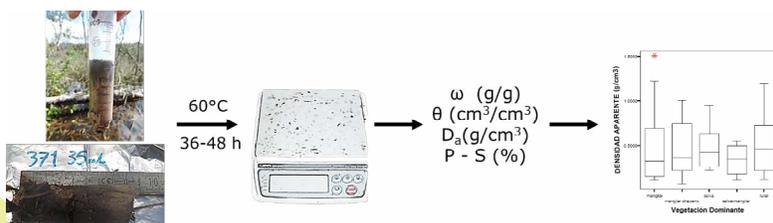
El objetivo del presente trabajo fue estimar la capacidad de retención de agua en suelos superficiales de humedales del norte de Quintana Roo, como un paso

previo e indispensable para evaluar el servicio ecosistémico de regulación de inundaciones. Se evaluaron muestras de suelo obtenidas de humedales Ramsar del norte de Quintana Roo, durante la temporada de lluvias de 2020 y sequías de 2021.

Las muestras se colectaron con jeringas de plástico de 60 ml para medir *in situ* el volumen colectado. Se determinó el peso y color en húmedo (cartas de color Munsell), posteriormente se secaron en horno (60°C, 36-48 horas) para obtener el contenido gravimétrico, c. volumétrico, densidad aparente, porosidad y saturación del suelo.

El mayor contenido gravimétrico y volumétrico de agua se encontró en suelos orgánicos dominados por manglar, mientras que la mayor densidad (y menor porosidad) se presenta en suelos con mayor contenido mineral (suelos arenosos). El ANOVA (análisis de la varianza) realizado, muestra que las mediciones no son diferentes entre humedales arbóreos y herbáceos de los sitios estudiados.

En las siguientes etapas se estimará el volumen de agua retenido por el suelo de los humedales de acuerdo a estimaciones de cobertura con sistemas de información geográfica, para evaluar el servicio ecosistémico de regulación de inundaciones.



ESTUDIOS DE NO-UNICIDAD EN LA APLICACIÓN DE MÉTODOS GEOFÍSICOS EN ACUÍFEROS KÁRSTICOS COSTEROS

NON-UNIQUENESS IN INVERSION OF GEOPHYSICAL METHODS APPLIED TO KARSTIC AQUIFERS

Kelly Pamela Hernández Sandoval*¹, Gerardo Cifuentes Nava², Iris Neri Flores³, David Escobedo Zenil⁴, Jesús Sánchez González⁴, Natalia Denise Fuentes Rubio¹

¹Posgrado en Exploración y Explotación de Recursos Naturales, UNAM. Edificio S-Bernardo Quintana Arrijoja, Primer Piso, Facultad de Ingeniería, Cd. Universitaria. C.P. 04510. Ciudad de México. *Correo electrónico: kellyhdez16@gmail.com

²Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta. C.P. 58190. Morelia, Michoacán, México.

³Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, UNAM. Tablaje Catastral No. 6998, Carretera Mérida-Tetiz km 4.5. C.P. 97357. Ucú, Yucatán, México.

⁴Facultad de Ingeniería, UNAM. Av. Universidad No. 3000, Ciudad Universitaria. C.P. 04510. Coyoacán, CDMX.

Palabras clave: *geofísica somera, península de Yucatán, Kinchil-Celestún.*

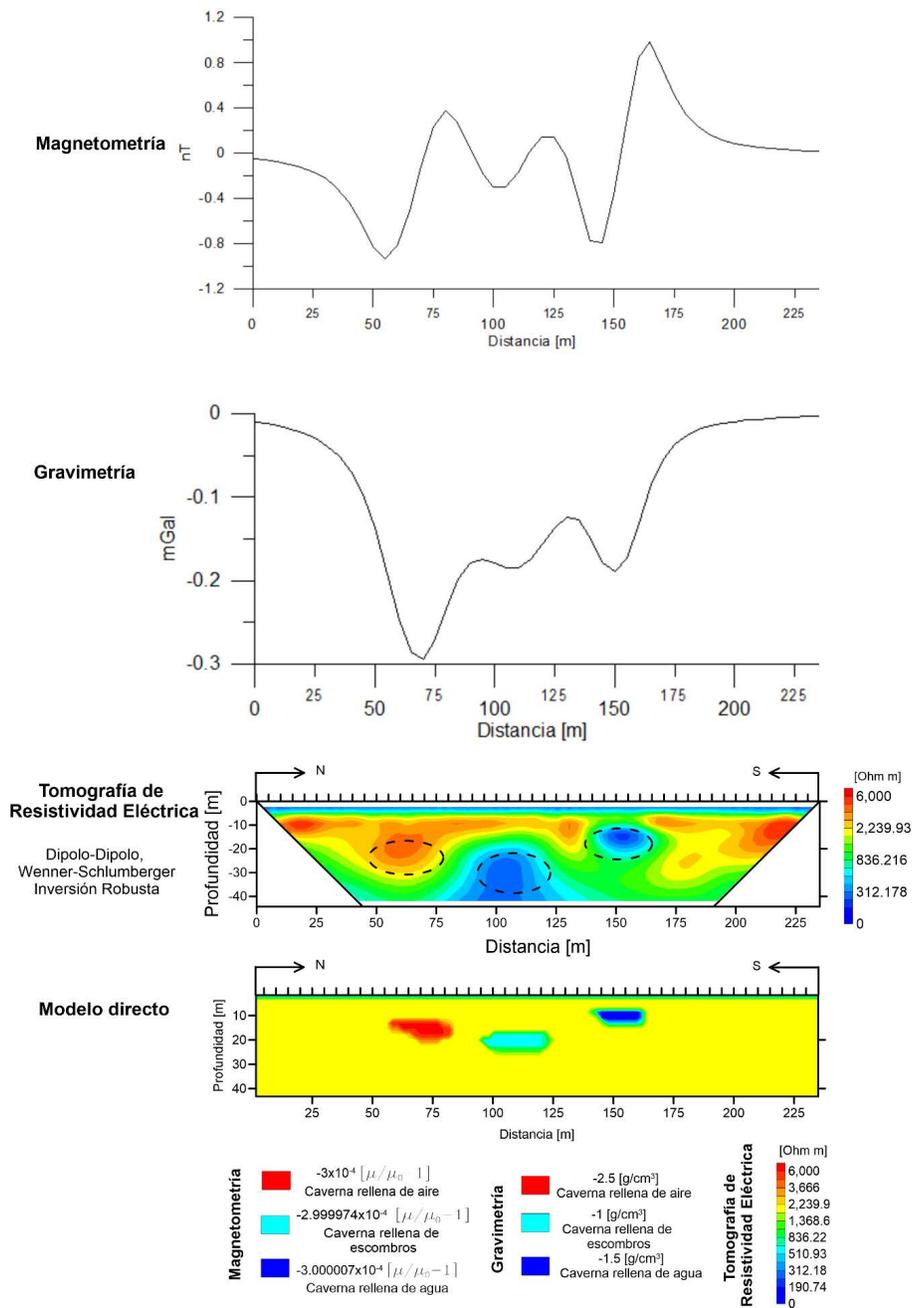
El acuífero kárstico costero de la península de Yucatán abastece con zonas de importancia ecológica mundial principalmente a tres estados de México: Yucatán, Campeche y Quintana Roo. Es un sistema complejo debido a la presencia de diferentes tipos de porosidad, que van desde microporos hasta cavernas, los cuales se interconectan teniendo como resultado un sistema heterogéneo. Como acuífero costero es susceptible a presentar problemas como la intrusión salina, contaminación, inundaciones y sobreexplotación.

La geofísica somera ha sido empleada para la caracterización de acuíferos kársticos, siendo métodos no invasivos que permiten conocer la distribución de diferentes materiales en el subsuelo mediante sus propiedades físicas. Esta distribución se obtiene mediante modelos inversos que tienen un inconveniente: la no-unicidad de la inversión, que se define como la imposibilidad de determinar una única solución para un conjunto de datos.

Por esta razón es importante realizar más de un método geofísico, reduciendo así la incertidumbre en los resultados. Se presenta una propuesta para la aplicación de tres métodos: resistividad eléctrica, magnetometría y gravimetría.

La cuenca Kinchil-Celestún representa una zona de flujo preferencial de agua subterránea debido a la configuración del anillo de cenotes y donde hay presión de los recursos por granjas porcícolas y por la intrusión salina en Celestún, sitio que es una reserva de la Biosfera. Se representaron distintos escenarios de acuíferos kársticos: cavernas rellenas de agua, con escombros o vacías, donde se consideraron las propiedades físicas de cada caso, es decir, la resistividad eléctrica, susceptibilidad magnética y densidad de los materiales geológicos presentes. Así se determina la respuesta de dichas propiedades en cada método mediante la inversión de los datos.

La aplicación de métodos geofísicos representa una estrategia para conocer las características del subsuelo en sistemas complejos que son de importancia para la caracterización de los modelos hidrogeológicos conceptuales.



ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

SUSTAINABILITY ANALYSIS OF CORN PRODUCTION SYSTEMS IN THE YUCATAN PENINSULA

Nelda Guadalupe Uzcanga Pérez^{1*}, Cristina Isabel Chanatásig Vaca² y Alejandro de Jesús Cano González³

¹INIFAP-C.E. Antigua Carretera Mérida-Motul km 25. C.P. 97454. Mocochoá, Yucatán.

*Correo electrónico: uzcanga.nelda@inifap.gob.mx

²Universidad Internacional Iberoamericana. Calle 15 entre 10 y 12, Colonia IMI III. C.P. 24560. Campeche, México.

³CIRSE-INIFAP. Calle 6 No. 398 x 13, Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz. C.P. 97130. Mérida, Yucatán, México.

Palabras clave: MESMIS, indicadores, niveles de desempeño, producción de temporal

En la actualidad existe la preocupación de garantizar la seguridad alimentaria de la población. Sin embargo, la manera de lograrlo debe incluir en sus procesos, prácticas agrícolas resilientes que aumenten no solo la producción, sino también el mantenimiento de los ecosistemas.

Es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo de los recursos empleados para la producción de maíz de temporal en la península de Yucatán.

Se utilizó el Marco de Evaluación de los Sistemas de Manejo con Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) en tres sistemas: milpa, convencional y mecanizado. Los dos primeros fueron los sistemas de referencia o comúnmente utilizados en la región y, el sistema alter-

nativo fue el mecanizado por las innovaciones tecnológicas incorporadas.

Se definieron criterios e indicadores alineados a los atributos de sustentabilidad: productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, equidad, autodependencia y los puntos críticos identificados. La evaluación se llevó a cabo a través de la definición, cálculo y monitoreo de nueve indicadores: rendimiento, relación beneficio-costos, índice de aptitud agrícola sustentable, índice de apropiación de tecnología agrícola, nivel de seguridad alimentaria con respecto al maíz, distribución de la tierra, coeficiente de Gini y, dependencia externa en insumos.

La información se obtuvo de 733 cuestionarios, talleres participativos e investigación documental, misma que se integró con técnicas multicriterio para emitir juicios de valor sobre los sistemas de manejo. El sistema alternativo fue más sustentable en la mayoría de los atributos con excepción de la autodependencia por los apoyos gubernamentales captados.

La milpa fue más sustentable que el sistema convencional, por la distribución de la tierra e inclusive, fue más sustentable que el sistema mecanizado por su baja dependencia externa en insumos. Finalmente, el sistema convencional fue el menos sustentable que el sistema de milpa y mecanizado.



ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI): ANÁLISIS Y MAPEO DE LA DEFORESTACIÓN EN EL MUNICIPIO DE BACALAR, QUINTANA ROO

NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI): ANALYSIS AND MAPPING OF DEFORESTATION IN THE MUNICIPALITY OF BACALAR, QUINTANA ROO

María Inés Cima Ruiz* y María Luisa Hernández Aguilar¹

¹Universidad de Quintana Roo. División de Ciencias, Ingeniería y Tecnología. Departamento de Ciencias Ambientales. Boulevard Bahía s/n. C.P. 77019. Chetumal, Quintana Roo, México. *Correo electrónico: mariainescimaruz@gmail.com

Palabras clave: *teledetección, salud ambiental, producción agrícola, reflectividad.*

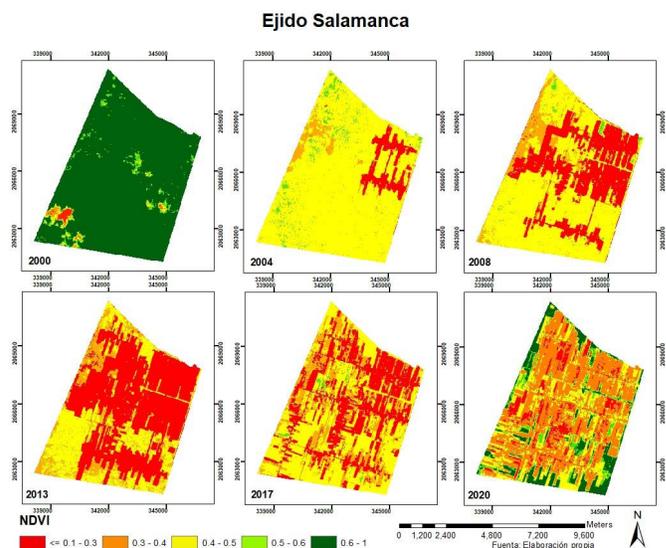
La deforestación es uno de los principales factores que contribuyen al cambio climático, afectando a los suelos y bosques a nivel global. Entre las consecuencias de la deforestación podemos enumerar a la erosión del suelo, el aumento de las temperaturas, la vulnerabilidad a inundaciones por exceso de lluvias, afecciones a cuerpos de agua cercanos y desestabilización en la calidad del aire, las cuales ponen en riesgo al medio ambiente y la vida de los seres humanos.

En el municipio de Bacalar, Quintana Roo, las prácticas agrícolas se han intensificado por la expansión de la agricultura mecanizada, dañando al entorno con la pérdida de cobertura forestal.

El objetivo de este trabajo fue analizar el proceso de deforestación a través del cálculo del índice NDVI en 8 ejidos de los 56 que pertenecen al municipio de Bacalar. Este índice se emplea para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de datos provenientes de sensores remotos que miden la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

El resultado del cálculo nos arrojó la resistencia de la vegetación para un período de 20 años, observando los cambios entre los años 2000, 2004, 2008, 2013, 2017 y 2020 de los 8 ejidos analizados, siendo el ejido de Salamanca el caso más significativo.

El empleo de herramientas de teledetección para el cálculo de índices ambientales puede generar información útil como el estado de la salud y madurez de la vegetación, apoyando a la mejora de políticas ambientales y de producción agropecuaria.



RIESGO DE HUNDIMIENTOS FRENTE A LA CONSTRUCCIÓN DEL TREN MAYA EN EL CORREDOR TURÍSTICO TULUM-CANCÚN, QUINTANA ROO

RISK OF SINKING IN FRONT OF THE CONSTRUCTION OF THE MAYA TRAIN IN THE TOURIST CORRIDOR TULUM-CANCÚN, QUINTANA ROO

María Luisa Hernández Aguilar^{1*} y Lucinda Arroyo Arcos²

¹Universidad de Quintana Roo. División de Ciencias, Ingeniería y Tecnología. Departamento de Ciencias Ambientales. Boulevard Bahía s/n. C. P. 77019. Chetumal, Quintana Roo, México.

²Universidad de Quintana Roo. División de Desarrollo Sustentable. Avenida Andrés Quintana Roo s/n, Esq. Calle 110 Sur. C.P. 77600. Cozumel, Quintana Roo, México.

Palabras clave: *terrenos kársticos, fracturas, cavernas, análisis espacial.*

El propósito de este trabajo es presentar y analizar las amenazas kársticas a las que se puede enfrentar la ruta proyectada del Tren Maya sobre el corredor turístico Tulum-Cancún (tramo 5: norte y sur), donde los hundimientos presentados entre 2015 y 2020 causaron daños estructurales sobre la Carretera Federal 307 Chetumal-Cancún, afectando toda la circulación de la zona, dejando al descubierto dolinas, cavernas y un potencial riesgo de nuevos hundimientos.

Reparar los daños después de un colapso es costoso y requiere conocimientos especializados. Por tanto, primero deben abordarse las causas subyacentes de esas amenazas o la reparación puede resultar solo temporal.

Las amenazas naturales en los terrenos kársticos son los hundimientos y las subsidencias, características que presenta la península de Yucatán, donde se localiza este corredor turístico, específicamente en el estado de Quintana Roo.

En este trabajo se emplean técnicas de análisis espacial de sobreposición y localización de dolinas (cenotes) a

través de software especializado, con el propósito de identificar de una manera factible áreas susceptibles a hundimientos y subsidencias y, a su vez, calcular el riesgo para las poblaciones e infraestructura dentro o cercanas a estas zonas.

Los resultados obtenidos detectaron que las causas subyacentes son de tres tipos: socavación subterránea, fuertes lluvias e inestabilidad de las estructuras provocada por el constante paso de vehículos pesados. A partir de estos resultados, se pueden establecer estrategias de planificación y gestión del uso y ocupación del territorio.



CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELOS DE LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CANCÚN, QUINTANA ROO

HEAVY METAL QUANTIFICATION IN URBAN SOILS FROM CANCUN, QUINTANA ROO

Daniela Ortega Camacho^{1*}, Eduardo Cejudo¹, Gilberto Acosta González¹ y Fernanda Sánchez Trujillo²

¹Conacyt-Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Unidad de Ciencias del Agua.
Calle 8, No. 39, Mz. 29, SM. 64. C.P. 77524. Cancún, Quintana Roo. *Correo electrónico: daniela.ortega@cicy.mx

²Universidad Tecnológica de Tehuacán. Prolongación de la 1 sur, No. 1101. C.P. 75859.
San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla.

Palabras clave: *metales pesados, extracción secuencial, suelo.*

La deposición de metales pesados y su enriquecimiento en el suelo, es una preocupación global debido a sus implicaciones en la salud humana y el ambiente.

Cancún es una ciudad de reciente origen, cuya urbanización comenzó en 1970; su crecimiento acelerado acarrea problemas como la mala disposición de residuos sólidos, así como sistemas ineficientes de transporte, los cuales se reflejan como síntomas tempranos de contaminación en humedales en dolina.

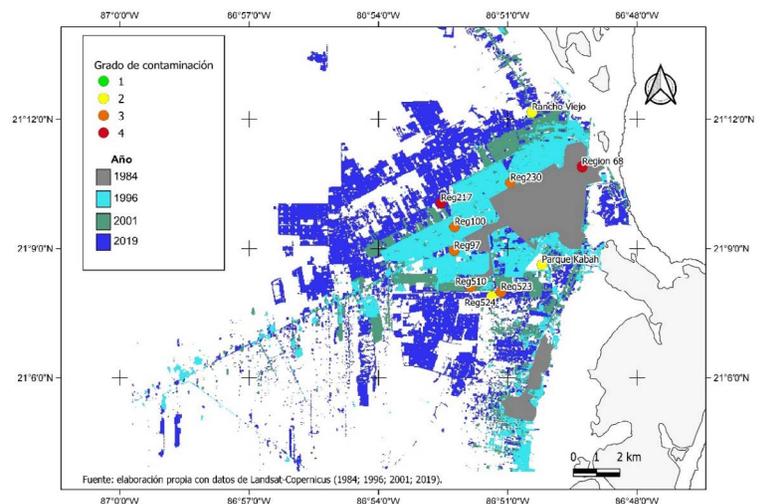
El objetivo de esta investigación es identificar la contaminación por metales pesados en muestras de suelo provenientes de humedales en dolina en una zona urbana de Cancún. Se colectaron muestras de suelo en la zona circundante de 10 humedales de la ciudad. Se analizaron las características físicas y químicas como el color, pH y conductividad eléctrica. Se cuantificó la concentración total de los metales: Zn (zinc), Fe (hierro), Al (aluminio), Cu (cobre), Ni (níquel) y Pb (plomo); de igual manera se llevó a cabo la metodología de extracción secuencial y posterior cuantificación de cada metal en cada fase de extracción.

El Zn y el Fe fueron los metales más abundantes en el suelo, seguidos del Al, Cu, Ni y Pb. Por la extracción secuencial, quedó evidenciado que, si bien la fase resi-

dual extrajo el mayor porcentaje de los metales (Pb, Fe, Ni y Al), otros mostraron buena afinidad a la fase asociada a la materia orgánica (Zn y Cu).

Se calcularon tres índices de contaminación: factor de contaminación, factor de enriquecimiento y potencial de riesgo ecológico. Estos muestran que la contaminación por metales pesados en la zona urbana de Cancún tiene un riesgo bajo a moderado por el momento, que puede ser atribuible a la corta edad de la ciudad.

Aun así, estos índices también muestran que estos sitios comienzan a tener influencia de actividades antropogénicas como la mala disposición de residuos y del impacto de las vías de comunicación circundantes.



ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DE LOS CENOTES DE EL CEDRAL, COZUMEL

GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE CENOTES FROM EL CEDRAL, COZUMEL

Isaac Quijada Mendoza*¹, José Juan Zamorano Orozco² y Oscar Frausto Martínez³

¹Posgrado de Geografía, UNAM. Av. Universidad No. 3000, Circuito Exterior s/n. C.P. 04510. Coyoacán, Ciudad Universitaria, Ciudad de México. *Correo electrónico: isaac_qm@hotmail.com

²Instituto de Geografía, UNAM. Av. Universidad No. 3000, Circuito Exterior s/n. C.P. 04510. Coyoacán, Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

³Universidad de Quintana Roo, Campus Cozumel. Av. Andrés Quintana Roo s/n con 110 Sur, frente a Colonia San Gervasio. C.P. 77600. Cozumel, Quintana Roo, México.

Palabras clave: *cartografía, relieve, morfometría.*

Los cenotes en la isla de Cozumel, sobre todo en el ejido El Cedral, son numerosos y diversos en cuanto a génesis, área, profundidad y morfología, características que sumadas con la vegetación exótica que los rodea, hacen único este territorio y al mismo tiempo, le da un valor escénico excepcional.

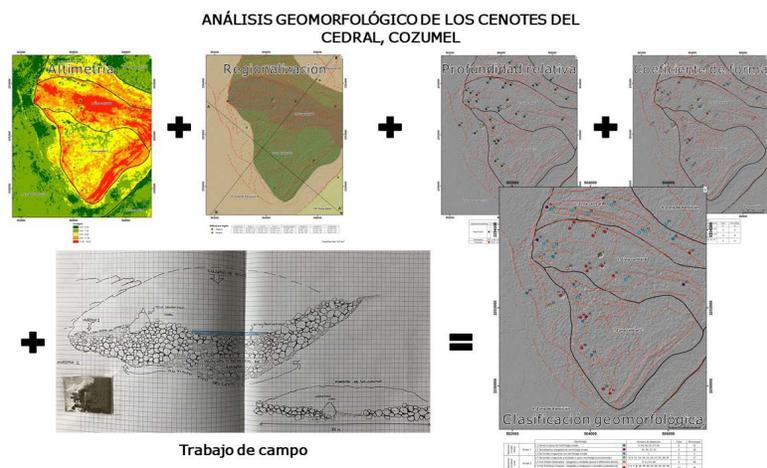
Es por esta razón que el estudio de estas formas de relieve resulta de interés, no solo para la comunidad científica, sino para los pobladores de la región, ya que, al saber más sobre su entorno, podrán aprovechar de mejor manera sus recursos.

Este trabajo tiene como objetivo, analizar 41 cenotes bajo criterios morfométricos (altimetría, profundidad relativa y coeficiente de forma) y geomorfológicos, con el fin de establecer la relación entre la tectónica, profundidad, forma y espacialidad de este tipo de depresiones kársticas.

Gracias al trabajo de campo realizado en noviembre de 2020, a la morfometría y a una cartografía geomorfológica detallada para cada unidad, se generó una clasi-

ficación de cenotes divididos en 2 grupos: complejos y simples; con 3 subdivisiones para cada caso. Siendo los complejos el conjunto con mayor cantidad de estructuras con un 73 % del total de depresiones.

Esta información se sumará al esfuerzo de los ejidatarios de El Cedral, para el aprovechamiento de este recurso de una manera responsable y tomando en cuenta la dinámica geomorfológica que da origen al relieve de esta región.



ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO KÁRSTICO EN ZONAS COSTERAS: CASO PLAYA DEL CARMEN, MÉXICO

POLLUTION VULNERABILITY INDEX OF KARST AQUIFERS IN COASTAL ZONES: CASE OF PLAYA DEL CARMEN, QUINTANA ROO

Wilbert David Uhu Yam*¹, Oscar Frausto Martínez¹, José Francisco Rodríguez Castillo¹, Orlando Colín Olivares² y Rosalinda Islas García³

¹Laboratorio de Observación e Investigación Espacial, Universidad de Quintana Roo. Av. Andrés Quintana Roo s/n, Esq. Calle 110 sur, Col. Maravilla. C.P. 77600. Cozumel, Quintana Roo, México. *Correo electrónico: 1416861@uqroo.mx

²Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Av. Héroe de Nacozari Sur, No. 2301, Colonia Jardines del Parque. C.P. 20276. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

³Universidad de Quintana Roo. Av. Andrés Quintana Roo s/n, Esq. Calle 110 sur, Col. Maravilla. C.P. 77600. Cozumel, Quintana Roo, México.

Palabras clave: *amenaza, cambio climático, litoral, gestión costera, ambientes kársticos.*

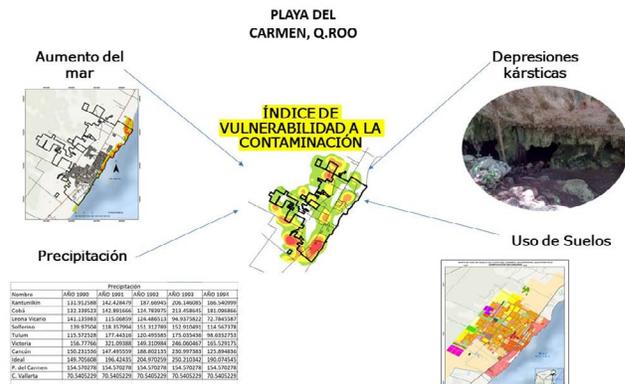
La presente investigación tiene como objetivo proponer un índice de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos para zonas costeras a escala detallada, por lo que el área de estudio está comprendida por la zona urbana del municipio de Solidaridad, Quintana Roo. Dicho índice puede ser una herramienta para la toma de decisiones orientada al cuidado de los sistemas kársticos de zonas costeras.

En la actualidad se han detectado diferentes sistemas acuáticos con un grado de contaminación vinculado al crecimiento urbano y las actividades económicas turísticas que ejercen presión sobre el acuífero subterráneo.

Para determinar el grado de vulnerabilidad, el índice se compone de las siguientes variables: 1) relieve, a partir de datos LiDAR con una resolución de 5 m en formato ASCII/GRID de INEGI se identificaron 364 depresiones kársticas; 2) clima, a partir de la precipitación media anual histórica con datos de 20 años (1998-2018) de 6 estaciones meteorológicas de CONAGUA aledañas a la mancha urbana de Solidaridad; 3) uso de suelo, a partir de las 29 zonificaciones secundarias del uso de suelo

del INEGI 2021; y por último, 4) el aumento del nivel del mar, a partir de las estimaciones de ascenso propuesto por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), se realizó la proyección del aumento del nivel del mar de 1, 2 y 3 metros.

Los resultados permiten una diferenciación de la vulnerabilidad del acuífero kárstico costero a escala detallada para la zona urbana de Playa del Carmen, México, el cual se muestra en un sistema de información geográfico que permite la gestión del acuífero a nivel municipal. La limitante de la investigación fue el factor del clima, ya que los datos a una escala local son escasos para su análisis, por lo que modela con datos de las estaciones ubicadas en estado de Quintana Roo.



ESTIMACIÓN DE LA ROCOSIDAD EN PARCELAS AGRÍCOLAS CON EL USO DE DRONES

ROCKINESS ESTIMATION IN AGRICULTURAL LAND USING DRONES

Neftaly Gijón Yescas¹, Yameli Aguilar Duarte^{2*} y Francisco Bautista³

¹Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5. C.P. 97100. Mérida, Yucatán, México.

²Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Av. Correa Rachó por Calle 15, Col. Díaz Ordaz. C.P. 97130. Mérida, Yucatán, México.

*Correo electrónico: yaguilarduarte@gmail.com

³Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.
Antigua carretera a Pátzcuaro, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta. C.P. 58190. Morelia, Michoacán, México.

Palabras clave: *Leptosols, afloramientos, karst desnudo, ortomosaicos, cobertura*

Los *Leptosols* son suelos dominantes en Yucatán, principalmente en zonas de planicies kársticas. Para su caracterización, convencionalmente se realiza un levantamiento de perfiles, una estimación visual de rocosidad en parcelas y la cuantificación de los fragmentos gruesos en laboratorio.

Actualmente, tecnologías como los drones representan oportunidades para una caracterización rápida y de bajo costo. El objetivo fue cuantificar las coberturas de una parcela mediante el uso de imágenes de alta resolución para estimar porcentajes de rocosidad.

Se visitó una parcela en la localidad de Nohuayún, Tetiz, Yucatán. Esta se ubica en planicies kársticas de menos de 10 m s. n. m. con clima semiárido con lluvias en verano y vegetación de selva baja caducifolia. Se realizó un sobrevuelo a una altura de 60 m con traslapes frontal y lateral de 75 % y 70 % respectivamente, utilizando un dron Phantom 3 standard. El procesamiento fotogramétrico de las imágenes se realizó con el portal DroneDeploy. Con el ortomosaico (resolución

2.64 cm/px) obtenido, en conjunto con el sistema de información geográfica QGIS y la herramienta SCP (*semi-automatic classification plugin*), se realizó una clasificación supervisada.

La superficie evaluada fue de 2.24 ha y se sobrevoló en seis minutos. Las coberturas cuantificadas fueron: 1) vegetación con una extensión de 9425 m² (42 % de la superficie); 2) suelos con 6885 m² (31 % de la superficie), y III) rocas con 6120 m² (27 % de la superficie total).

Las imágenes nos permitieron analizar y cuantificar la presencia, distribución, superficie y porcentaje de suelos, rocas (fragmentos y afloramientos) y vegetación. Esta técnica facilita la identificación de sitios prioritarios para un muestreo de suelos. Sin embargo, solo es aplicable a parcelas que estén libres de vegetación densa.



MEDICIÓN DEL NIVEL DE AGUA EN DOLINAS CON DRONES: ESTUDIOS DE CASO EN YUCATÁN, MÉXICO

WATER LEVEL MEASUREMENT IN DOLINAS WITH DRONES: CASE STUDIES IN YUCATÁN, MEXICO

Neftaly Gijón Yescas¹, Yameli Aguilar Duarte^{2*} y Héctor Estrada Medina¹

¹Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5. C.P. 97100. Mérida, Yucatán, México.

²Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Av. Correa Rachó por Calle 15, Col. Díaz Ordaz. C.P. 97130. Mérida, Yucatán, México.

*Correo electrónico: yaguilarduarte@gmail.com

Palabras clave: *nubes de puntos, QGIS, fotogrametría, CloudCompare, tormentas*

La medición del nivel de los cuerpos de agua proporciona información valiosa para el monitoreo y manejo de estos recursos. Los niveles de agua se han monitoreado a través de mediciones en el sitio (estaciones de aforo) y de manera remota (fotogrametría tradicional, LiDAR e imágenes InSAR).

Sin embargo, en ocasiones estos métodos no se pueden utilizar por la inaccesibilidad a los sitios, la disponibilidad de la información y sus costos.

El objetivo del trabajo fue medir y comparar los niveles del agua en dolinas antes y después de eventos hidrometeorológicos extraordinarios a través del uso de drones y software libre.

Se tomaron imágenes aéreas con drones en dos dolinas del centro del estado de Yucatán, en febrero (antes de las tormentas) y en diciembre de 2020 (después de las tormentas). Posteriormente, las imágenes se procesaron fotogramétricamente para obtener los ortomosaicos, modelos digitales de elevación y las nubes de puntos.

En cada ortomosaico se delineó manualmente el nivel de agua con el software QGIS, con el que se obtuvieron

las cotas máximas y mínimas. Para calcular el incremento del volumen de agua se generaron los modelos digitales del terreno a través del procesamiento de la nube de puntos y el software CloudCompare.

Los niveles de agua para cada dolina antes de las tormentas (febrero) fueron de -15.60 y -39.27 m, y después de las tormentas (diciembre) se registraron niveles de -14.12 y -37.40 m. Esto significó un incremento en el nivel de agua en cada dolina de 1.48 m y 1.87 m respectivamente. Estos niveles representan un incremento del volumen de agua de 6 689.59 m³ y 109 827.60 m³ aproximadamente.

Estas estimaciones únicamente se realizaron con el uso de percepción remota. El uso de drones es una alternativa viable para la medición del nivel de agua en zonas remotas y de difícil acceso.



EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE *Gambusia sexradiata* (Regan, 1914) EN LAGUNA CHICHANCANAB, QUINTANA ROO

HEALTH STATUS OF *Gambusia sexradiata* (Regan, 1914) IN LAGUNA CHICHANCANAB, QUINTANA ROO

Karina Medina López¹, Víctor Manuel Cobos Gasca²,
Roberto Carlos Barrientos Medina^{2*} y Jorge Augusto Navarro-Alberto²

¹Área de Ciencias Experimentales. Colegio de Bachilleres de Yucatán (COBAY),
Plantel Abalá. Calle 11 s/n x 6 y 8. Abalá, Yucatán, México.

²Departamento de Ecología, Cuerpo Académico de Ecología Tropical. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,
Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.

Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5. Mérida, Yucatán, México. *Correo electrónico: rcarlos@correo.uady.mx

Palabras clave: *peces de agua dulce, lagunas interiores, ecotoxicología, estrés ambiental.*

La laguna de Chichancanab, con sus 627.88 km² de extensión, se considera dentro de las regiones hidrológicas prioritarias de México.

Aunque se han señalado problemas por la quema de la vegetación ribereña y la contaminación tanto orgánica como por agroquímicos, no se ha realizado alguna evaluación formal del impacto de estos disturbios en las poblaciones naturales del cuerpo de agua.

En este trabajo se planteó el objetivo de evaluar el estado de salud de *Gambusia sexradiata* (Poeciliidae), especie nativa de la cuenca, a través de la medición de la actividad de la enzima acetilcolinesterasa (ChE, cabeza) y la concentración de la Peroxidación Lipídica (LP, músculo).

Se encontraron diferencias significativas en la ChE entre secas y nortes, lo que puede ser señal de una

probable exposición a contaminantes. En el caso de la LP, no se detectaron diferencias significativas, pero la actividad promedio es mayor en secas, que parece estar relacionada con la elevación de la temperatura y la concentración de sales.

A pesar de sus limitaciones espaciales y temporales, este es uno de los primeros esfuerzos en la evaluación de la salud de este valioso ecosistema y su biota.



TALLERES VIRTUALES DE ARTES Y CIENCIAS PARA CONOCER EL KARST: EXPERIENCIAS CON INFANCIAS Y JUVENTUDES

VIRTUAL ARTS AND SCIENCES WORKSHOPS TO LEARN ABOUT KARST: EXPERIENCES WITH CHILDHOODS AND YOUTH

Irany Vera Manrique¹ y Yameli Aguilar Duarte^{2*}

¹Aldea, espacio de arte para niñas y niños. Calle 12 diagonal No. 319, entre 12 y 14. CP 97130. San Carlos, Mérida.

²Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Av. Correa Rachó por Calle 15, Col. Díaz Ordaz. C.P. 97130. Mérida, Yucatán, México.

*Correo electrónico: yaguilarduarte@gmail.com

Palabras clave: *texturas, dolinas, acuíferos, cenotes, aguas subterráneas.*

En la actualidad cada vez hay más interés en temas relacionados sobre los sistemas kársticos. Hemos visto que aún falta crear contenidos y materiales dirigidos al público infantil y juvenil, siendo esta la motivación de este trabajo.

El objetivo es exponer el diseño y las experiencias recogidas en los talleres virtuales de artes y ciencias sobre los acuíferos kársticos dirigidos a la población infantil y juvenil. Debido a la pandemia los talleres fueron virtuales, con un formato que combinó diversos materiales audiovisuales creados especialmente para los talleres

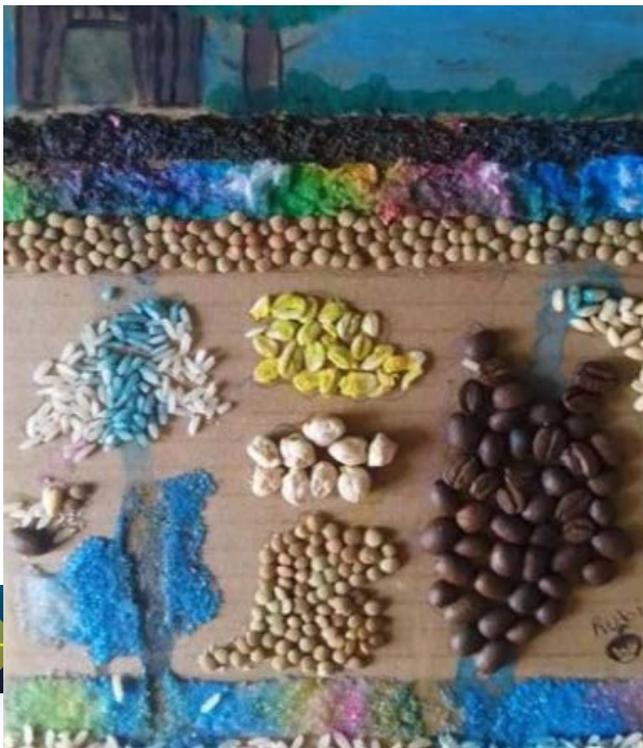
y breves pláticas en las que se explicaron tres conceptos básicos: acuífero, karst y subterráneo. Se realizaron encuestas iniciales y finales para saber si se cumplieron los objetivos de cada taller.

Para reforzar los conceptos, cada participante elaboró una obra artística experimental, en la cual recrearon un acuífero kárstico usando diferentes materiales (semillas, algodón, sal) para representar la diversidad de colores, texturas y formas de las rocas que lo conforman. Los espacios libres de materiales simulaban las zonas del acuífero por donde las rocas se han disuelto por la acción del agua. Se usó una jeringa para representar la lluvia.

Los participantes observaron el comportamiento del agua a través de los espacios vacíos y los cubiertos con las diferentes semillas y materiales utilizados. Como producto final del taller se realizó una galería virtual con sus obras.

Con base a las observaciones, se discutió sobre este comportamiento diferencial del agua en los espacios vacíos o cubiertos por diversos materiales, haciendo referencia al comportamiento de los acuíferos.

Los resultados de las encuestas indicaron que el 80 % de los participantes comprendieron los conceptos de karst, acuífero y subterráneo. Por lo que concluimos que el formato de estos talleres virtuales tuvo un impacto positivo en los participantes.



CONTENIDO FOLIAR DE NUTRIENTES DE TRES ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES BAJO DIFERENTES CONDICIONES EDÁFICAS Y DE MANEJO

FOLIAR NUTRIENT CONTENTS OF TROPICAL TREE SPECIES UNDER DIFFERENT EDAPHIC AND MANAGEMENT CONDITIONS

Héctor Estrada Medina*, Miriam M. Ferrer, Patricia Montañez Escalante, Grely Pech Puch, Mariana López Díaz y Óscar Álvarez Rivera¹

¹Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales. Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5 s/n. C.P. 97315. Mérida, Yucatán, México. *Correo electrónico: hector.estrada@correo.uady.mx. Teléfono: (999)9423212.

Palabras clave: *Brosimum alicastrum*, *Cordia dodecandra*, *Spondias purpurea*, especies caducifolias, especies perennes.

La especie, las condiciones del suelo y el manejo, tienen efectos sobre la absorción de nutrientes en las plantas, pero su estudio es complejo ya que todos estos ocurren al mismo tiempo.

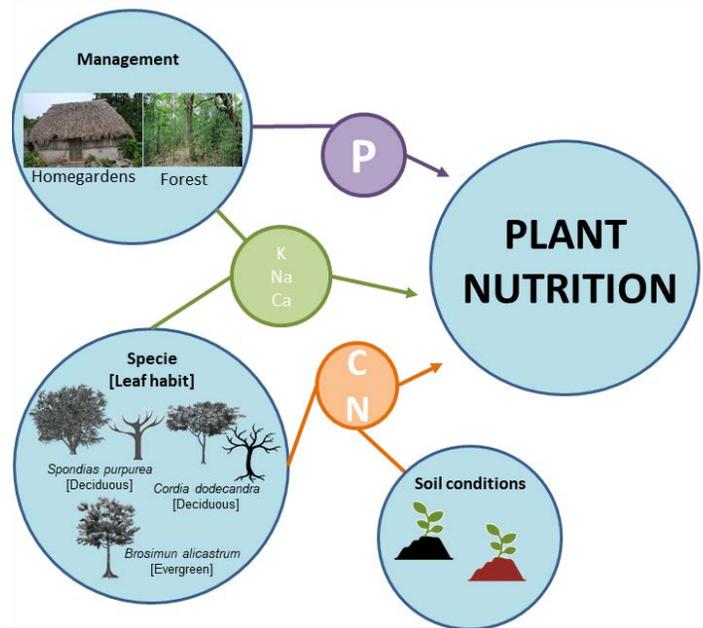
En este estudio se comparó el contenido foliar de nutrientes en árboles de *Brosimum alicastrum* (perenne), *Cordia dodecandra* (caducifolio) y *Spondias purpurea* (caducifolio) creciendo en huertos familiares y selvas en dos regiones del estado de Yucatán.

Se muestrearon 20 individuos por especie y sus suelos asociados. Se analizó el pH del suelo, la conductividad eléctrica, los porcentajes de arena, limo y arcilla, así como los contenidos edáficos y foliares de C (carbono), N (nitrógeno), P (fósforo), K (potasio), Na (sodio) y Ca (calcio).

Los niveles de nutrientes en los suelos asociados a cada especie fueron significativamente diferentes (λ Wilks=0.61, $F_{12,372}=8.70$; $p < 0.0001$). Los suelos de selva tuvieron mayores contenidos de C y N; los suelos de los huertos familiares tuvieron un pH más alto, más limos y P. El contenido de nutrientes foliares de las tres espe-

cies fue significativamente diferente (λ Wilks=0.11, $F_{12,458}=77.71$; $P < 0,0001$).

B. alicastrum tuvo mayores contenidos de Na y K; *C. dodecandra* tuvo más Ca, y *S. purpurea* tuvo más N y P. El P fue tres veces mayor en los árboles de huertos que en los individuos de selva. Los resultados muestran que el manejo determina el contenido foliar de P; mientras que el C y N dependen más de la especie y la región y, los contenidos de K, Na y Ca a la especie y el manejo.



EL KARST DE MÉXICO: DISTRIBUCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y CONSERVACIÓN

THE KARST OF MEXICO: DISTRIBUTION, CHARACTERISTICS AND CONSERVATION

Óscar Omar Álvarez Rivera¹ y Héctor Estrada Medina^{2*}

¹Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34. Col. Chuburná de Hidalgo. C.P. 97205. Mérida, Yucatán, México. *Correo electrónico: hector.estrada@correo.uady.mx

²Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales. Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5 s/n. C.P. 97315. Mérida, Yucatán, México.

Palabras clave: *rocas carbonatadas, evaporitas.*

El karst se caracteriza por ser un paisaje constituido primordialmente por rocas solubles en agua, las cuales pueden ser calizas (principalmente CaCO_3), evaporitas como el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) o halitas (NaCl).

La importancia de este tipo de paisajes radica en la ausencia de cuerpos de agua superficiales (v.g. ríos, arroyos, lagos), lo que significa que el abastecimiento de agua para las actividades humanas es casi en su totalidad de aguas subterráneas.

Por este hecho y por sus características intrínsecas (geología, hidrología, etc.), estos sistemas son muy vulnerables a la contaminación, sobreexplotación y a fenómenos como la intrusión salina.

En el presente trabajo se realizó un análisis geoestadístico de las zonas de karst en México, analizando su distribución, sus principales características tomando en cuenta su geología y suelos asociados, así como su estado de conservación y protección y del conocimiento que se ha generado del mismo.

México cuenta con un total de 494 000 km² dominados por rocas karstificables, lo que representa el 25 % de su superficie nacional, siendo las rocas calizas las más representativas (99.29 %) ya sea de forma continua o discontinua. En el territorio kárstico se encuentran

representados 25 de los 32 grupos de suelos reconocidos por la WRB (Base Referencial Mundial, por sus siglas en inglés), siendo los más dominantes: Leptosols (43.65 %), Calcisols (12.06 %) y Phaeozems (10.44 %); en cuanto a hidrología destaca que el 10 % de la superficie de los acuíferos asociados a estas rocas, actualmente presentan sobreexplotación, mientras que 90 de 619 acuíferos manifiestas algún grado de salinización, intrusión salina o ambos.

Este conocimiento de la distribución y características de las diferentes zonas kársticas del país permitirán una mejor gestión del territorio, así como un manejo más adecuado de los recursos naturales.



EVALUACIONES DE SUELOS AFECTADOS POR LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL MUNICIPIO DE TZICATLACOYAN, PUEBLA

EVALUATIONS OF SOILS AFFECTED BY WATER EROSION IN THE MUNICIPALITY OF TZICATLACOYAN, PUEBLA

Erika María López García^{1*}, Lucia López Reyes² y Jesús Francisco López Olguín³

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional Mixteca, Campus Izúcar de Matamoros.
Edificio IZU1, Carretera Atlixco-Izúcar de Matamoros No. 141. C.P. 74570.

San Martín Alchichica, Izúcar de Matamoros, Puebla. *Correo electrónico: erika.lopez@correo.buap.mx

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas.
Edificio IC11, entre Calle Diagonal Río Papagayo y Calle Boulevard 22 Sur, Av. San Claudio,
Ciudad Universitaria. C.P. 72592. Puebla, México.

³Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias, Centro de Agroecología. Edificio VAL1,
Carretera a San Baltazar Tetela km 1.7. C.P. 72960. San Pedro Zacachimalpa, Puebla.

Palabras clave: *indicadores de suelo, perfil de suelo, salud de suelo.*

Uno de los recursos naturales de gran importancia en la sostenibilidad de los ecosistemas es el suelo, un componente natural en el que los factores ambientales y el efecto perturbador de actividades antropogénicas han alterado significativamente diversas propiedades físicas, químicas y biológicas, ocasionando su degradación.

Se evaluó el grado de erosión del suelo, las propiedades físico químicas y microbiológicas en tres perfiles de la localidad de San Miguel Acuexcomac del municipio de Tzicatlacoyan, Puebla, con características de una zona semiárida.

Se seleccionaron tres perfiles a una pendiente homogénea de 12 % de inclinación, en los sistemas: maíz y pastizal. Se recolectaron las muestras, a las cuales se les determinó densidad aparente (DA), textura, el contenido de materia orgánica (MO), la concentración de bases intercambiables y pH.

Para determinar la actividad biológica del suelo se tomó una muestra por cada perfil muestreado a una profundidad de 5-10 cm en dependencia con el grado de erosión. Los resultados físico-químicos del perfil con un grado de erosión moderada presenta: DA (1.02), pH (6.95), MO (4.7), Ca 34.70, Na (0.40), Mg (1.5) y K (0.37) y en los análisis microbiológicos se obtuvieron 0.05 de DHA y GDHA, esto es a consecuencia de la acumulación de materia orgánica en los primeros centímetros del perfil.

Los dos perfiles con grado de erosión fuerte y severa se ven alterados sus valores ya que demuestran el estado de degradación, provocado por procesos erosivos que disminuye la capa edáfica en donde se desarrolla la actividad microbiología y altera las propiedades físico-químicas de los suelos en donde la erosión y el volumen de escorrentía se correlaciona de forma importante con la precipitación.



DERECHO HUMANO AL AGUA Y SANEAMIENTO, EJE DE CONFLICTO SOCIOAMBIENTAL A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL

HUMAN RIGHT TO WATER AND SANITATION, MAIN POINT OF SOCIO-ENVIRONMENTAL CONFLICT AT NATIONAL AND REGIONAL LEVEL

Ana Sofía Lázaro-Salazar* y Almira L. Hoogesteijn¹

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. Antigua Carretera a Progreso km 6, Apartado Postal 73. C.P. 97310. *Correo electrónico: anasofia.lazaro@cinvestav.mx

Palabras clave: *agua, derechos humanos, conflictos socioambientales, megaproyectos y participación ciudadana.*

El 30 % de la población mundial no cuenta con acceso al agua y el 56 % carece de saneamiento. En México, el agua no cumple con los requisitos de potabilidad, aceptabilidad, suficiencia, accesibilidad y asequibilidad, vulnerando el Derecho Humano al Agua y Saneamiento (DHAS). El acuífero de Yucatán, el más extenso del planeta, es objetivo de megaproyectos de desarrollo sin contemplar el impacto ambiental y la vulneración del DHAS.

Se realizó una revisión bibliográfica sobre conflictos socioambientales relacionados con el agua, buscando la conceptualización e integración del DHAS en México. Se realizaron 41 entrevistas y 73 autoevaluaciones a estudiantes normalistas en Yucatán para identificar su experiencia y percepción con relación al DHAS y sus afectaciones a la salud pública y contaminación.

Los resultados son: 1) el 63 % no incluyó el DHAS, 2) el 98 % de los estudiantes reconoció la falta de gestión gubernamental para garantizar el acceso, calidad y monitoreo del agua, 3) el 98 % identificó las consecuencias deletéreas de los megaproyectos sobre el DHAS, 4) en la autoevaluación expresaron que su derecho al DHAS no es vulnerado; sin embargo, el 50 % calificó el acceso, calidad y monitoreo del agua como regular,

el 15 % como malo y a pesar de identificar las carencias en saneamiento y accesibilidad, el 35 % lo calificó como bueno; 5) el 90 % de los estudiantes desconocen las herramientas de participación en la gestión de los recursos hídricos.

Los ejes de la gestión pública deberían ser el DHAS y la preservación del acuífero kárstico, pero se permiten la sobreexplotación y la contaminación por parte de la iniciativa privada. Es imprescindible generar herramientas legales de protección dirigidas a la ciudadanía e identificar escenarios de vulnerabilidad, riesgo e injusticia hídrica.

Sin conocimiento y reconocimiento sobre la situación del DHAS, es imposible que el ciudadano conserve y defienda su recurso.



PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN EL ACUÍFERO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

MICROPLASTIC PRESENCE IN THE YUCATAN PENINSULA AQUIFER

Itzel Jocelin Mendoza Olea^{1,2}, Gilberto Acosta González^{1*}, Rosa María Leal Bautista¹, Eduardo Cejudo¹

¹Conacyt-Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Unidad de Ciencias del Agua. C
alle 8, No. 39, Mz. 29, SM. 64. C.P. 77524. Cancún, Quintana Roo. *Correo electrónico: gilberto.acosta@cicy.mx

²Estudiante de la Universidad del Caribe. Lote 1, Mz. 1, SM. 78, Esq. Fraccionamiento Tabachines.
C.P. 77528. Cancún, Quintana Roo.

Palabras clave: *cenotes, agua subterránea, Quintana Roo.*

En la actualidad, los productos procedentes de los plásticos son utilizados en casi todos los aspectos de la vida. El impacto ambiental consecuente de sus residuos es ampliamente reconocido en los últimos años, en prácticamente todos los ecosistemas del mundo.

Los microplásticos son partículas en el rango de los milímetros ampliamente dispersos en matrices ambientales como: aguas superficiales, océanos y sedimentos. Se ha documentado su ingestión por mamíferos marinos, reptiles, aves y peces. La mayoría de las investigaciones sobre el tema se centran en la presencia de microplásticos en la fauna y en los ecosistemas marinos.

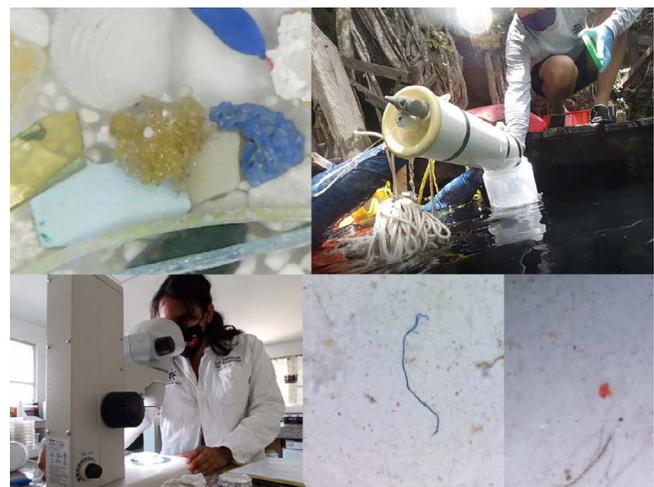
Por lo cual, el objetivo de este trabajo fue determinar la presencia de microplásticos en el agua del acuífero de la península de Yucatán. Se evaluaron 82 muestras de agua obtenidas en pozos y cenotes de la península de Yucatán, durante los años 2019 a 2021.

Las muestras de agua se colectaron con una botella vertical de metal y se almacenaron en recipientes rotulados. Posteriormente se filtraron con una bomba de vacío usando filtros Millipore® de 0.45 µm de apertura de poro. El material retenido se revisó con un micros-

copio estereoscópico para registrar los microplásticos recuperados e identificarlos por su forma y color.

De los 82 filtros en 23 se registraron microplásticos. Las fibras alargadas fue la forma predominante y se consideró como un posible indicador de descarga de aguas residuales.

Aún no existen investigaciones con las que se pueda comparar la concentración de microplásticos ni un límite que indique un nivel alto o bajo en los acuíferos. En las siguientes etapas se estimará si hay contrastes en el número de microplásticos entre diferentes cuerpos de agua (cenotes o pozos) y pozos muestreados.



ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS DE LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS EN CENOTES DE QUINTANA ROO

CLUSTER ANALYSIS OF THE HYDROCARBONS POLLUTION OF CENOTES FROM QUINTANA ROO

José Antonio León-Borges¹ y Manuel Alejandro Lizardi-Jiménez^{2*}

¹Universidad de Quintana Roo, División de Ciencias, Ingeniería y Tecnología. Avenida Chetumal, SM. 260 MZ. 21 y 16, Lote 1-01, Fracc. Prado Norte, C. P. 77519. Cancún, Quintana Roo.

²Conacyt-Universidad Autónoma de San Luis Potosí, MDH. Sierra Leona No. 550, 2da. Sección, C.P. 78210. San Luis Potosí, San Luis Potosí. *Correo electrónico: chamarripas@yahoo.com.mx

Palabras clave: *clasificación, alifáticos policíclicos, agua, polución, paisaje kárstico.*

El análisis de conglomerados es una técnica estadística multivariante automática; es un mecanismo computacional a través de la codificación de un algoritmo que funciona por sí solo y que tiene como fin reunir en grupos sus elementos por similitud. Su aplicación en trabajos similares está relacionada con hidrocarburos alifáticos policíclicos (HAP).

Se tiene nulo conocimiento en la literatura del análisis de conglomerados aplicado para conocer el grado de contaminación en el histórico de datos recopilados a partir de los análisis en dos temporadas anuales durante 2012-2017, en muestreos de cuerpos de agua en algunos cenotes de Quintana Roo.

El objetivo de este trabajo es evidenciar el grado de contaminación relacionada con la concentración de hidrocarburos en cuerpos de agua a través de un análisis por conglomerados. Nuestra hipótesis nace de la idea que el análisis de conglomerados de 127 instancias de 25 atributos HAP, ayudará conocer los grados de contaminación en cenotes.

Primero diseñamos la matriz donde estará contenida la concentración por muestra y por hidrocarburo, información de la temporalidad y del cenote; finalmente

implementamos el algoritmo *k-means* que usa el método del centroide más cercano a partir de la media y la distancia euclídea.

Se ha encontrado frecuentemente antraceno, benzo[a]pireno, y pireno a partir de 25 distintos hidrocarburos de 127 registros; estos fueron configurados en grupos de 2, 3, 4 y 5. Notamos que el grupo de 3 fue la clasificación de cenotes con grado de contaminación bajo, medio y alto, que estuvo fuertemente relacionado entre los cenotes con respecto a la concentración de hidrocarburo de cada muestra.

Mientras aumentan en grupos de 8, 9 o 10, deja de ser útil debido al escaso número de datos, pero configurando en 2 grupos es útil, aunque lo es más en grupos de 3, 4, y 5.

Finalmente se acepta la hipótesis generada y evidenciamos la taxonomía por grado de contaminación, que es resultado del análisis por conglomerados a partir de la concentración de cada hidrocarburo en cada muestra de los datos clasificados en grupos similares.



EL COLOR PARA DETECTAR MUESTRAS DE POLVO CON METALES PESADOS EN ZONAS DE KARST: EL CASO DE MÉRIDA, YUCATÁN

THE COLOR TO DETECT DUST SAMPLES WITH HEAVY METALS IN AREAS OF KARST: THE CASE OF MERIDA, YUCATAN

Francisco Bautista^{1*}, Yameli Aguilar², Patricia Quintana³,
 Daniel Aguilar³, Avto Goguitchaichvili¹ y Roberto Chan-Te²

¹Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental e Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. C.P. 58190, Michoacán, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.P. 91700. Yucatán, México.

³Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Mérida. C.P. 97310. Mérida, Yucatán, México.

Palabras clave: *índices de color, contaminación, cobre, zinc, hierro, plomo.*

En el mundo crece la preocupación por la contaminación con metales pesados en zonas urbanas. Millones de personas mueren por esta causa, revela la Organización Mundial de la Salud. Por esta razón, se requiere el diseño de técnicas *proxy*, herramientas tecnológicas innovadoras que sean rápidas, precisas y de bajo costo para monitorear o dar seguimiento a la contaminación por metales pesados.

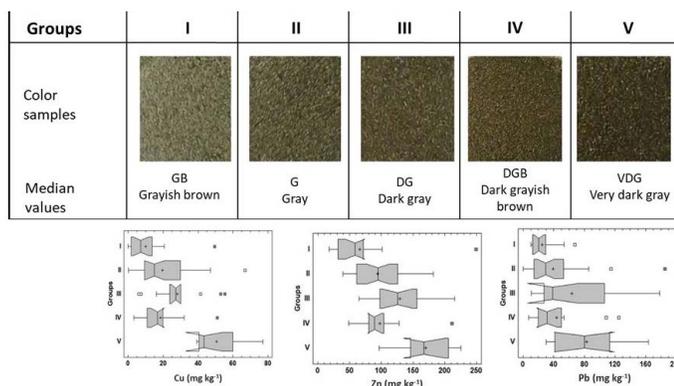
En este estudio se evaluó el uso del color del polvo de la carretera como una metodología indirecta para identificar muestras contaminadas con metales pesados.

En 85 muestras de polvo urbano recolectado de las calles de Mérida, se midieron las concentraciones utilizando un equipo de fluorescencia de rayos X; los metales medidos fueron Fe (hierro), Ti (titanio), Rb (rubidio), Sr (estronecio), Y (itrio), Cu (cobre), Zn (zinc) y Pb (plomo). El color de las muestras del polvo urbano

de las calles se midió utilizando el sistema RGB (rojo, verde y azul) y las tablas de color Munsell. La relación entre los metales pesados y el color de las muestras de polvo se exploró utilizando un análisis multivariado en el cual los grupos de color fueron la variable independiente, y las concentraciones de los metales pesados fungieron como las variables independientes.

Existe una baja contaminación por elementos presuntamente contaminantes y óxidos en ambas muestras de polvo de carreteras de color marrón grisáceo y marrón grisáceo oscuro; contaminación media en muestras de polvo grises; y alta contaminación en muestras de polvo con colores gris oscuro y gris muy oscuro. Para monitorear la contaminación por metales pesados en el polvo de las calles, las muestras de color marrón grisáceo y marrón grisáceo oscuro pueden descartarse del análisis químico. Las tasas de enrojecimiento y saturación mostraron altas correlaciones con elementos presuntamente contaminantes en las muestras de polvo urbano de color gris oscuro y gris muy oscuro.

Con esta técnica y sin equipo de laboratorio, cualquier persona puede identificar si las muestras de polvo de la calle o del interior de sus casas contiene metales pesados; sin embargo, esta funciona solo para la ciudad en estudio. Otras urbes requieren una calibración particular.



EL DESORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO EN EL ESTADO YUCATÁN 2021

THE ECOLOGICAL DISORDER OF THE TERRITORY IN THE STATE OF YUCATÁN 2021

Francisco Bautista¹, Yameli Aguilar² y Oscar Frausto³

¹Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental e Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. C.P. 58190. Michoacán, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

³Universidad de Quintana Roo, Unidad Cozumel.

Palabras clave: *caracterización, diagnóstico, pronóstico, paisajes geográficos.*

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET) es un instrumento legal que está dirigido hacia un desarrollo sustentable; consiste en una caracterización del territorio que se utiliza para la elaboración de un diagnóstico en el que se identifican los potenciales y riesgos de uso del territorio.

El Gobierno del Estado de Yucatán realizó el POET en el 2007; ahora en el 2021, el Nuevo Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio (NPOET) será una actualización.

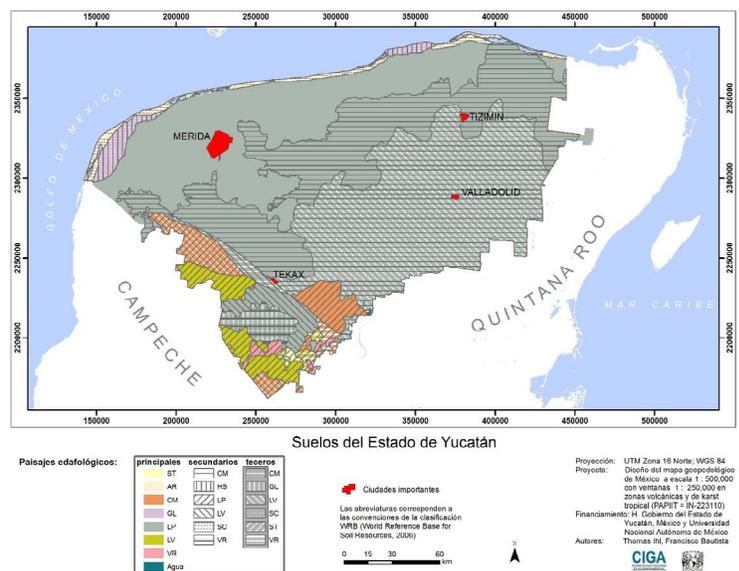
El objetivo de este trabajo fue el análisis de la información cartográfica del NPOET. La comparación de los mapas del NPOET con los publicados en artículos científicos en revistas con arbitraje estricto durante el periodo del 2000 al 2021.

El mapa de la fisiografía del NPOET presenta inconsistencias y errores en la leyenda. Se utilizan palabras coloquiales en mapas que serán oficiales. El término karst no aparece, lo cual es grave porque no se reconoce la particularidad del territorio del Estado. No fue tomado en cuenta el mapa de los ambientes geomorfológicos donde se definen los ambientes kársticos, tecto-kársticos, palustres, pseudo palustres y el mari-

no-litoral. Tampoco se tomó en cuenta el mapa de las depresiones kársticas ni su densidad.

El mapa de los suelos del NPOET no considera la geomorfología como base cartográfica, lo cual constituye un error cartográfico. Se reconoce al Leptosol como grupo dominante, pero el mapa no muestra que los suelos se encuentran en paisajes edáficos. El mapa de la calidad del agua subterránea no tomó en cuenta las zonas con diferente calidad química.

En conclusión, la deficiente caracterización del medio natural conlleva a un diagnóstico errado sobre la aptitud de tierras y para los riesgos ambientales. Sobre el pronóstico del uso del territorio que está elaborando actualmente, puede decirse que, si las etapas previas tienen errores no es posible esperar un producto de mediana calidad.



DISEÑO URBANO SENSIBLE AL AGUA EN LA ZONA KARSTICA BACALAR, QUINTANA ROO, MÉXICO

WATER SENSIBLE CITY IN BACALAR KARSTIC ZONE, QUINTANA ROO, MÉXICO

Silvana Marisa Ibarra Madrigal*¹, Yesenia Nayrovick Hernández Montero², Javier Rodrigo Nahuat Sansores², David Gustavo Rejón Parra², Miguel Ángel Sánchez Quijano², Roberto Mena Rivero⁶, Ángel Iván Romero Martínez³, Alfredo Arellano Guillermo⁴ y Carlos Ríos Castellanos⁵

¹GeoAlternativa. Calle Chacmultun No. 36. Privanza La Loma, SM. 39, Mz. 8, Lote 1, C.P. 77507. Cancún, Quintana Roo.

*Correo electrónico: silvanamarisa@geoalternativa.com

²Instituto Tecnológico de Chetumal. Av. Insurgentes No. 330, Esq. Andrés Quintana Roo, Colonia David Gustavo Gutiérrez, Apdo. Postal 267. C.P. 77013. Chetumal, Quintana Roo, México.

³Nacaome Foundation. Calle 27 sur entre Av. 65 sur y Av. 70 sur No. 3, Mz. 289, Lote 3. C.P. 77712. Solidaridad, Playa del Carmen, Quintana Roo, México.

⁴Gobierno del Estado de Quintana Roo. Calle 22 de enero No. 01, Colonia Centro. C.P. 77015. Chetumal, Quintana Roo.

⁵Secretaría de Desarrollo Territorial Urbano Sustentable. Av. Álvaro Obregón No. 474. Colonia Centro. C.P. 77000. Chetumal, Quintana Roo, México.

Palabras clave: *resiliencia, cambio climático, inundaciones, valoración económica.*

Una solución para incrementar la resiliencia ante el cambio climático es la planificación urbana basada en la hidrología. En esta materia, el Diseño Urbano Sensible al Agua está posicionado internacionalmente. Sin embargo, sigue siendo un reto para la gestión pública; especialmente en el sistema kárstico, donde el principio clave para el resguardo de su vocación natural es el mantenimiento de la permeabilidad del suelo para recarga al subterráneo y la conectividad del ciclo de agua; principio que se encuentra amenazado con el avance de la pavimentación y la reducción de vegetación.

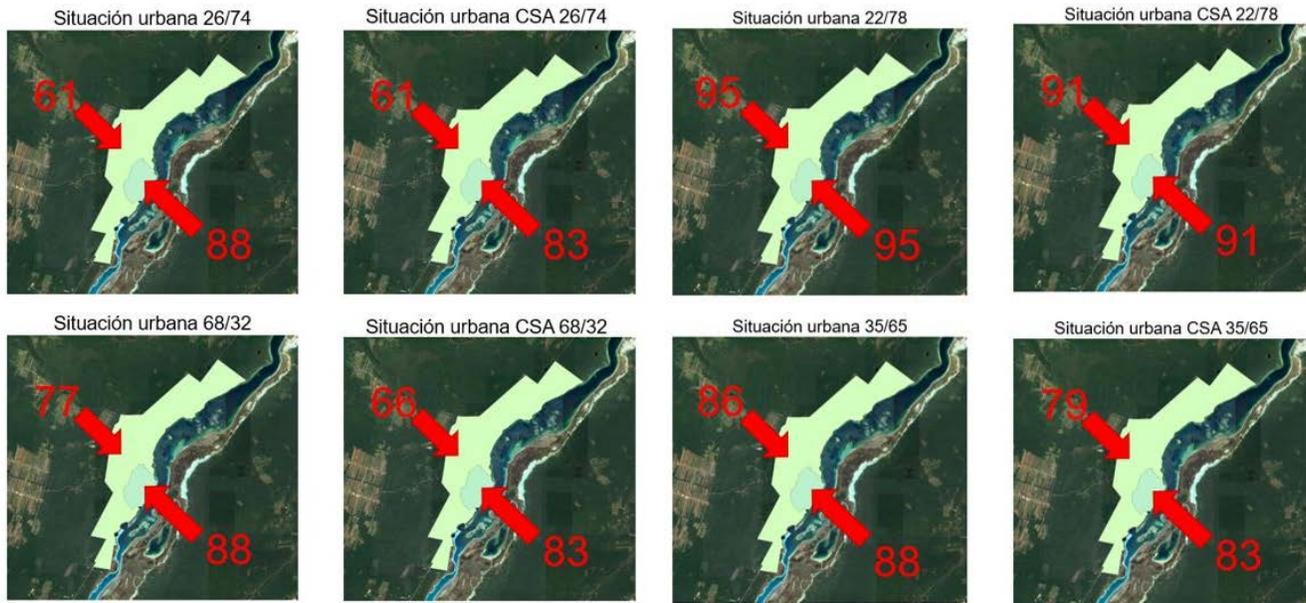
Con el objetivo de avanzar hacia un diseño urbano que logre mantener la conectividad estructural y funcional del karst, desde un enfoque interdisciplinario, desarrollamos infraestructura de recarga al acuífero que llamamos "esponja". Nuestra hipótesis_{a1} es que, con la

implementación de acciones de sensibilidad al agua, es posible reducir el riesgo de inundación. La hipótesis_{a2} es que, realizar dichas acciones generan ahorro económico por daños en inundación. El método fue con el software IBER 2.4.3.

Realizamos cinco modelos de infiltración-escorrentía para simular inundaciones en el centro urbano de Bacalar, Quintana Roo, con y sin la infraestructura "esponja". Posteriormente, realizamos una valoración económica de daños por inundación al variar el área permeable. Los resultados muestran que implementar acciones de sensibilidad al agua, reduce considerablemente los daños en todos los escenarios. Una relación área 68 % permeable/32 % impermeable, mitiga inundaciones y sus efectos en 30 minutos de lluvia, generando ahorros de 1.11 millones de salarios mínimos al año.

La limitación es que, para replicar este diagnóstico, es necesario contar con un levantamiento topográfico de

alta resolución y la pulverización de la tierra; dificulta una mejor adaptación urbana al karst. Los siguientes pasos deseables son de comunicación masiva para la mejor articulación intersectorial en la implementación del conocimiento en torno al karst.



Escenarios de modelación para los polígonos urbano construido y suelo natural en el polígono de proyección de crecimiento en Bacalar (coeficientes de escurrimiento en rojo).

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS MINEROS Y CULTIVO DE MAÍZ EN UNA ZONA DE EXTRACCIÓN DE MANGANESO

CHARACTERIZATION OF MINING SOILS AND CORN CULTIVATION IN A MANGANESE EXTRACTION AREA

Erika María López García^{1*} y Otilio Arturo Acevedo-Sandoval²

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional Mixteca, Campus Izúcar de Matamoros. Edificio IZU1, Carretera Atlixco-Izúcar de Matamoros No. 141 C.P. 74570. San Martín Alchichica, Izúcar de Matamoros, Puebla.

*Correo electrónico: erika.lopez@correo.buap.mx

²Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Ciudad del Conocimiento. C.P. 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

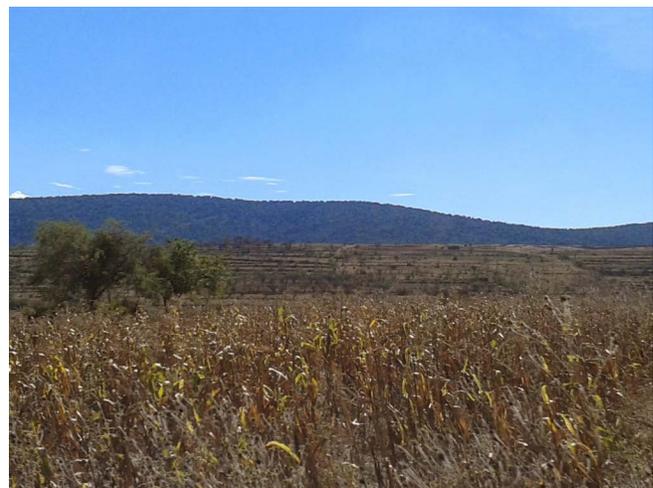
Palabras clave: *indicadores de suelo, perfil de suelo, salud de suelo.*

En el distrito de Molango, Hidalgo, se encuentra uno de los yacimientos más grandes de México del mineral de manganeso (Mn), el cual en su extracción va acompañado de otros metales pesados que se van acumulado en el suelo de las áreas agrícolas de la zona; estos pueden concentrarse en los cultivos de alimento para el ser humano y pueden tener efectos adversos sobre la salud de los consumidores.

En este estudio determinamos los niveles de contaminación por metales pesados en un área agrícola alrededor de los depósitos de Mn de la localidad de Nonoalco, cerca de los puntos de relaves de la mina se eligió un sitio de uso de suelo agrícola de cultivo de maíz (*Zea mays*) utilizando el método de muestreo aleatorio.

Se obtuvieron tres muestras de suelo a las que se les realizó análisis físicos químicos (DA, pH, Textura, Bases Intercambiables y metales pesados) y la recolección de raíces y tallos de la especie vegetal floreciendo. Se midieron las concentraciones de metales pesados en el suelo y el maíz.

Los principales contaminantes y sus índices de contaminación en el suelo que se encontraron son: Al (4.37), Mn (42.56), Fe (31.97) y Zn (3.14). En donde el Mn y el Fe en el suelo se encuentran elevados y es considerado en este valor como tóxico. La *Zea mays* con niveles en los micronutrientes de Al (0.98), Mn (0.81), Fe (1.14) y Zn (0.03) en tallos y hojas. En la raíz se obtuvo 1.8 mg kg⁻¹ de Mn, por los que las concentraciones son consideradas como tolerables en el cultivo de maíz. Por lo que se estima ante este estudio una especie deficiente en la acumulación del metal de Mn.



MODELO DE INFORMACIÓN DE FORMAS DEL TERRENO APLICADO A SUELOS (IFTAS) PARA LA GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA GEOMORFOPEDOLÓGICA DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

SOIL APPLIED LANDFORMS INFORMATION MODEL (IFTAS) FOR GEOPEDOLOGICAL MAPPING IN THE YUCATAN PENINSULA

Alma Lilia Maya Islas¹, Orlando Colín Olivares^{1*}, Jesús Noel Herrera Pedroza¹, Alejandro Ibelles Navarro¹,
Patricia Fragoso Servón², Oscar Frausto Martínez² y Alberto Pereira Corona²

¹Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Av. Héroe de Nacozari Sur No. 2301, Colonia Jardines del Parque.

C. P. 20276. Aguascalientes, Aguascalientes, México. *Correo electrónico: orlando.colin@inegi.org.mx

²Universidad de Quintana Roo. Av. Andrés Quintana Roo s/n, Esq. Calle 110 sur, Col. Maravilla.

C.P. 77600. Cozumel, Quintana Roo, México.

Palabras clave: *relieve, geoformas, MDE, clasificación automatizada, continuo nacional*

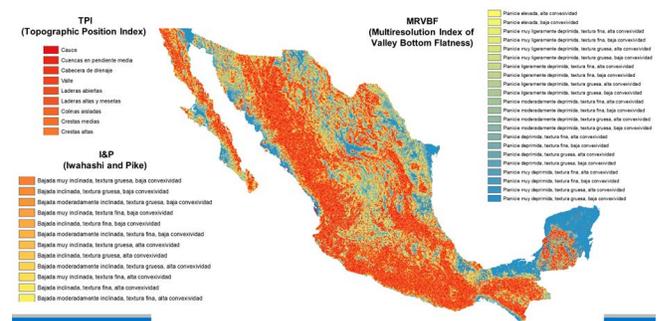
El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a través de su Departamento de Suelos, desarrolla el modelo de información de formas del terreno aplicado a suelos (IFTAS) como herramienta para la construcción de cartografía geomorfoedafológica y transición hacia el Mapa Digital de Suelos de México.

El modelo IFTAS desarrolla un continuo de formas del terreno a partir de herramientas de clasificación automatizada escala detallada con resolución de 15 y 30 m por pixel, con base en los índices geomorfológicos: TPI (*Topographic Position Index*) para las zonas de alto contraste altitudinal, I&P (*Iwahashi & Pike*) y MRVBF (*Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness*) para las zonas de bajo contraste altitudinal.

Así, se aplica el modelo IFTAS nacional en la península de Yucatán para la identificación de estadios morfológicos y el establecimiento de categorías de formas del terreno asociadas a las dinámicas relieve-suelo. IFTAS clasificó el modelo digital de elevación a 30 m de la península Yucatán en 35 clases de geoforma: 5 clases asociadas a relieve positivo y 30 clases asociadas a sistemas de planicie y zonas deprimidas.

Las clases se agruparon en 5 categorías geomorfológicas TPI: 1) Vaguadas o valles incisivos, 2) Valles en forma de U, 3) Cabeceras de drenaje, 4) Laderas (diferenciadas por su pendiente en abrupta y media) y 5) Crestas (diferenciadas en bajas, medias, altas, de acuerdo con su altitud). Además de 2 categorías relacionadas con I&P y MIVBF: 1) Planicies (diferenciadas por la rugosidad del terreno en el MDE y la convexidad) y 2) Zonas deprimidas (diferenciadas por pendientes suaves, inclinadas o muy inclinadas, rugosidad y convexidad).

IFTAS mejora la identificación de geoformas en zonas donde la cartografía nacional del sistema de topografías identifica como homogéneas e incluye los sistemas de depresiones presentes, evidenciando la heterogeneidad del relieve de la península, desde un modelo nacional. ²²





Inauguración



Dr. Alvaro Palacio Aponte



Dr. Eugene Perry







MEMORIAS

V Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst (AMEK)

“Commemorando el Año Internacional de las Cuevas y el Karst”

se terminó de producir en el mes de diciembre de 2021 en:

Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

Departamento de Divulgación.

La edición es digital, creada en Adobe InDesign.