



Año 20 | Número 41 | 30 de junio 2024 |

| Hermosillo, Sonora, México. |

# NUESTRA TIERRA

Órgano de divulgación de la Estación

Regional del Noroeste, UNAM

INSTITUTO  
DE GEOLOGIA  
ESTACION  
HERMOSILLO SONORA  
UNAM



- **LA ERNO, 50 AÑOS DE PRESENCIA DE LA UNAM EN SONORA: LOGROS Y PERSPECTIVAS** • **LAS BARRAS COSTERAS DE MÉXICO: ARCHIVOS NATURALES DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS, GEOLÓGICAS Y AMBIENTALES**
- **ECOSISTEMAS COSTEROS Y MARINOS: ¿NOS BENEFICIAN IGUAL QUE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES?** • **EN CAMINO A LA SOBERANÍA ALIMENTARIA EN BAHÍA DE KINO, SONORA**
- **LA CONSTRUCCIÓN DE RESILIENCIA EN LAS CIUDADES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: EL CASO DE MÉRIDA, YUCATÁN** • **LA PITAYA, UNA DULCE TRADICIÓN Y FUENTE ALIMENTICIA CON IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA** • **¿Y SI USAMOS DRONES?... ESTUDIANDO LA VEGETACIÓN DESDE EL AIRE EN ZONAS ÁRIDAS**





## EDITORIAL

**E**stimados lectores del número 41, en esta edición orgullosamente participamos de la celebración del 50 aniversario de la Estación Regional del Noroeste del Instituto de Geología de la UNAM. Nuestras páginas inician precisamente con este reconocimiento al crecimiento y resiliencia de esta sede localizada en el noroeste del país, una atinada narrativa nos presenta el Jefe de dicha estación, el Dr. Thierry Calmus; los invitamos a leerla.



Adentrándonos en las páginas siguientes, Muñoz y Castillo nos explican qué son y cómo se forman las barras costeras y exponen los motivos por los cuales son elementos interesantes de paisaje. Exponen los dos sistemas de barras más grandes de México, con una reflexión hacia la conservación de estos paisajes naturales, por la preservación de archivos geológicos, ecológicos, biológicos y el mantenimiento del patrimonio natural de México.

Siguiendo esta temática, Casarrubias Jaimez y colaboradores nos explican cómo todos los ecosistemas proveen bienes, procesos y condiciones para el desarrollo social y económico de los seres humanos, destacando los ecosistemas costeros y marinos por sus servicios ecosistémicos que incluyen alimentos, agua limpia, regulación del clima y muchos otros beneficios. En este mismo sentido, Arvizu-Ruiz y colaboradores nos comparten el caso de Bahía de Kino, Sonora donde los pescadores se dedican a la captura de sierra, camarón, jaiba, entre otros, recursos que no solo proveen alimentos y empleo a la comunidad, sino que también son de interés para la industria pesquera y acuícola de la región y contribuyen a la economía estatal y nacional. Introducen el concepto de soberanía alimentaria como una herramienta que permite a las comunidades una forma para garantizar su acceso a alimentos nutritivos y culturalmente apropiados.

En otros aspectos de los estados costeros, Jiménez-Cadena y colaboradores nos muestran que los ciclones tropicales afectan y seguirán afectando la Península de Yucatán, especialmente a la ciudad de Mérida. Nos explican que estos eventos se encuentran considerados como amenazas de inicio rápido y son producto del cambio climático, nos hablarán de la vulnerabilidad y muy particularmente de la resiliencia, que llevará sin duda a fortalecer a las poblaciones en términos sociales, económicos y ambientales para enfrentar estas amenazas.

En un cambio a la otra cara, la del desierto, alguna vez has comido o visto al *Stenocereus thurberi*, que ¿cuál es? es un cactus silvestre del Desierto Sonorense conocido como pitayo dulce. En el artículo de De La Torre Velázquez y colaboradores podrás conocer que debido a sus propiedades, las plantas y frutos tienen un alto potencial para ser usados en la generación de productos nutricionales, medicinales y agroindustriales. Esta especie además de adaptarse a las altas temperaturas demanda poca cantidad de agua.

Siguiendo con las zonas áridas, Romo-Leon y Vega Puga nos hablarán de los avances de la tecnología al servicio del estudio de zonas áridas como candidatos ideales. En su artículo nos muestran cómo los drones pueden ser utilizados para realizar estudios de parámetros de vegetación.

Los invitamos a iniciar la lectura y disfrutar de este número en nombre del equipo de "Nuestra Tierra".

**Dra. Aurora M. Pat Espadas**  
Editora en Jefe de Nuestra Tierra

### CONTENIDO

#### 2 EDITORIAL

**3 LA ERNO, 50 AÑOS DE PRESENCIA DE LA UNAM EN SONORA: LOGROS Y PERSPECTIVAS**

**5 LAS BARRAS COSTERAS DE MÉXICO: ARCHIVOS NATURALES DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS, GEOLÓGICAS Y AMBIENTALES**

**9 ECOSISTEMAS COSTEROS Y MARINOS: ¿NOS BENEFICIAN IGUAL QUE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES?**

**12 EN CAMINO A LA SOBERANÍA ALIMENTARIA EN BAHÍA DE KINO, SONORA**

**15 LA CONSTRUCCIÓN DE RESILIENCIA EN LAS CIUDADES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: EL CASO DE MÉRIDA, YUCATÁN**

**19 LA PITAYA, UNA DULCE TRADICIÓN Y FUENTE ALIMENTICIA CON IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA**

**22 ¿Y SI USAMOS DRONES?...ESTUDIANDO LA VEGETACIÓN DESDE EL AIRE EN ZONAS ÁRIDAS**

Fotografías de portada: Lic. Daniel Arizmendi, Geol. Adriana Aimé Orcí Romero, Pixabay.com  
Contrapotada: Arturo Lutz, <https://erno.geologia.unam.mx>

**Nuestra Tierra**, Año 20, No. 41 (junio de 2024), es una publicación semestral del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C. P. 04510, Ciudad de México. Estación Regional del Noroeste, av. Luis Donaldo Colosio s/n y Madrid, campus UniSon, Hermosillo, Sonora, C. P. 83000. Editor responsable: Dra. Aurora M. Pat Espadas. Número del Certificado de Reserva de Derechos al uso exclusivo del Título: 04-2004-050610455400-102. ISSN 1665-935X. Número del Certificado de Licitud de Título y Contenido: 17529. Diseño: Alejandra Bárcenas Martínez. Impresión: Imagen Digital del Noroeste, S.A. de C.V. Tiraje: 100 ejemplares, impresión Offset con papel couché cover de 300 g para forros y couché text de 150 g para los interiores. El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja necesariamente el punto de vista de los editores asociados ni del editor en jefe. Se autoriza la reproducción de los artículos (no así de las imágenes) con la condición de citar la fuente y se respeten los derechos de autor.

## DIRECTORIO UNAM

DR. LEONARDO LOMELÍ VANEGAS  
**Rector**

DRA. PATRICIA DOLORES DÁVILA ARANDA  
**Secretario General**

MTRO. TOMÁS HUMBERTO RUBIO PÉREZ  
**Secretario Administrativo**

MTRO. HUGO ALEJANDRO CONCHA CANTÚ  
**Abogado General**

DRA. MARÍA SOLEDAD FUNES ARGÜELLO  
**Coordinador de la Investigación Científica**

DR. RICARDO BARRAGÁN MANZO  
**Director del Instituto de Geología**

DR. THIERRY CALMUS  
**Jefe de la Estación Regional del Noroeste**

## DIRECTORIO DE NUESTRA TIERRA

No. de Reserva de Derechos al uso exclusivo del título 04-2004-050610455400-102  
ISSN 1665-935X

DRA. AURORA M. PAT ESPADAS  
Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM  
**Editora Responsable**

DRA. CLARA L. TINOCO OJANGUREN  
Estación Regional del Noroeste, Instituto de Ecología, UNAM

DRA. MA. CRISTINA PEÑALBA GARMENDIA  
Depto. de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora

GEOL. ADRIANA AIMÉ ORCÍ ROMERO  
Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

DRA. BLANCA GONZÁLEZ MÉNDEZ  
Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

DRA. DENISSE ARCHUNDIA PERALTA  
Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM

**Editores Asociados**  
Para recibir esta revista vía internet escribir a:  
**nuestratierra@geologia.unam.mx**



@RNTERNOUNAM

@RNTERNO



# LA ERNO, 50 AÑOS DE PRESENCIA DE LA UNAM EN SONORA: LOGROS Y PERSPECTIVAS

**Thierry Calmus**

*jefatura-erno@geologia.unam.mx*

¡50 años! ¡Medio siglo de presencia de la Universidad Nacional Autónoma de México en Hermosillo! la Estación Regional del Noroeste del Instituto de Geología se creó tres años después del inicio de las actividades del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir: dos polos de investigación de la UNAM en el noroeste del país desde la década de los 70's, uno mirando al cielo, otro hacia la Tierra.

Desde entonces, la ERNO cumple con el objetivo inicial de impulsar la investigación geológica en el noroeste del país. A su inicio, en 1974, la ERNO, albergada en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Sonora bajo el nombre de Oficina Regional del Noroeste, colaboró en la creación del Departamento de Geología y de la carrera de Geólogo. Durante los siguientes seis años, la

Estación rentó dos casas distintas antes de instalarse en noviembre de 1980 en el edificio actual, construido sobre un terreno de la Universidad de Sonora, todavía en comodato.

Durante los primeros años, los geólogos de la ERNO trabajaron en colaboración con colegas de Francia y de Estados Unidos en diferentes campos de investigación como la estratigrafía, tectónica, neotectónica, paleontología o magmatismo. En algunos años, fueron emergiendo nuevas ideas y modelos conceptuales



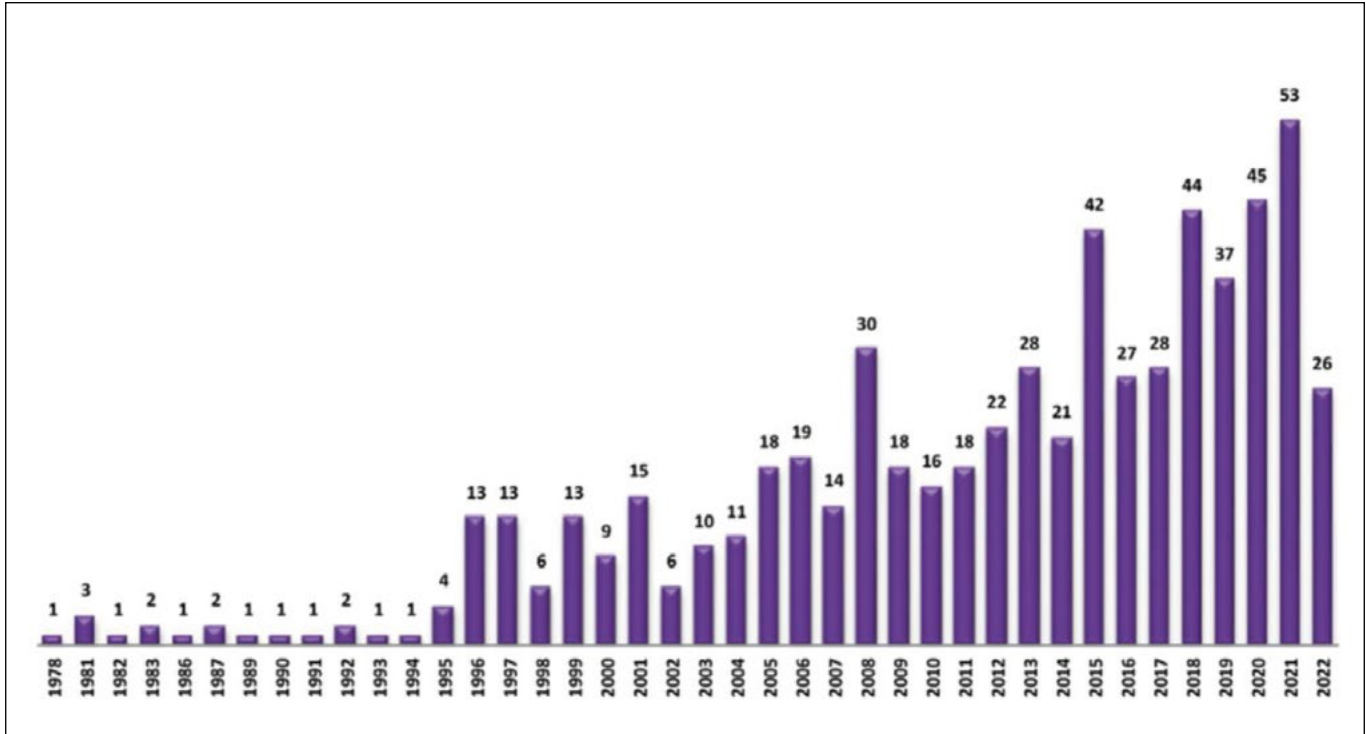


Figura 1. Número de artículos publicados por año indizados en el Web of Science y en Scopus entre 1978 y 2022.

sobre la evolución geológica regional basados en trabajos de campo y analíticos. La ERNO nunca fue aislada: gracias al respaldo administrativo y técnico del Instituto de Geología, la Estación fue siempre a la punta de lanza de la investigación geológica de la región. Además, se benefició de una colaboración permanente con colegas extranjeros, la cual actuó como un estímulo fundamental para la investigación. Dicho estímulo indujo a los primeros investigadores de la ERNO a superarse realizando un doctorado, cuando la licenciatura y la maestría eran todavía suficientes para tener el nombramiento de investigador.

A principios de los años 90, investigadores del Instituto de Ecología se incorporaron a las instalaciones de la ERNO. Posteriormente, en el año 2000, la ERNO ingresó, como sede, al Posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM. Fue una etapa crucial para la planta académica que tuvo que atender a los primeros estudiantes con las asignaturas y las direcciones

de tesis. Esta motivación fue muy benéfica para la labor académica de la ERNO que se adaptó de inmediato a la presencia de una nueva población joven y dinámica.

Por otro lado, la progresión de la producción científica, principalmente el número de artículos publicados en revistas indexadas ha sido constante (Figura 1), si eliminamos el efecto negativo de la COVID 19 en los resultados del año 2022. El total de artículos suman 11,911 citas, de las cuales 9,993 (81.50%) corresponden a la producción de los años 2000 a 2022.

Finalmente, fue durante los últimos 10 años que la ERNO se abrió a nuevas áreas de investigación que facilitaron la elaboración de proyectos de investigación interdisciplinaria sobre la dinámica de los procesos naturales en la Zona Crítica, sus recursos naturales y la respuesta de los ecosistemas con énfasis sobre las zonas áridas y semiáridas. El cambio climático y la problemática ambiental en una región con escasez de agua y abundancia en recursos minerales son razones para desarrollar investigación científica aplicada y abordar los problemas de manera integral. En este contexto, la ERNO está actualmente en un proceso de transformación para convertirse en un centro de investigación interdisciplinaria que tendrá, en su inicio, personal de los Institutos de Geología, Ecología y Energías Renovables. La creación del Centro de Investigación Interdisciplinaria del Noroeste de México (CIINOM) coincide con una coyuntura favorable a nivel regional debido al arranque del Plan Sonora impulsado a nivel federal. La ubicación geográfica junto con la experiencia adquirida, así como sus vínculos ya existentes con las instituciones de la región y con universidades en el extranjero, forman un cimiento sólido para la viabilidad del CIINOM. En él, se podrá fomentar la generación de líneas de investigación novedosas desde una perspectiva interdisciplinaria con atención a los problemas estratégicos nacionales actuales de conservación, explotación y aprovechamiento sostenible de los sistemas naturales.

# LAS BARRAS COSTERAS DE MÉXICO: ARCHIVOS NATURALES DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS, GEOLÓGICAS Y AMBIENTALES

Esperanza Muñoz<sup>1</sup> y Miguel Castillo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Hermosillo, Sonora, México.

\*Esperanzam@ownmail.net

## Introducción

México posee más de 11,000 kilómetros de litorales de los cuales el océano Atlántico tiene el 30% y el Pacífico, el 70%. En estos se encuentran dos de los sistemas de barras costeras más grandes de la superficie terrestre: uno en el **delta**<sup>1</sup> formado por los ríos Usumacinta y Grijalva y el otro en la llanura costera de Nayarit. Las barras costeras tienen un papel relevante para los estudios en ciencias de la Tierra y ambientales debido a que su origen y destrucción ocurren en escala decadal. Esto modifica los límites costeros y afecta al ser humano, ya que se pueden erosionar superficies urbanizadas, pero también se pueden producir superficies emergidas que son susceptibles de ser usadas para nuevos usos del suelo, como es el turismo. En este trabajo se explica cómo se forman las barras costeras y se exponen los motivos por los cuales son elementos del paisaje interesantes. Se expone el caso de los dos sistemas de barras más grandes de México en el contexto de las más recientes investigaciones.

## ¿Qué son y cómo se forman las barras costeras?

Las barras costeras son montículos alargados de 1 a 3 metros de elevación sobre el nivel medio del mar, las cuales se alinean paralelas a la franja de la costa y están compuestas por partículas minerales del tamaño de la arena; es decir, tienen un diámetro menor que 2 milímetros. Las partículas minerales que constituyen los sedimentos son transportadas por los ríos hacia el mar y, posteriormente, son acarreadas por las olas del océano desde la **plataforma continental**<sup>2</sup> hacia la zona de playa. Estos productos de la destrucción mecánica de las rocas, por lo tanto, pueden proceder de puntos remotos que varían según el tamaño de la cuenca hidrográfica en donde se encuentra el río que los transporta (Figura 1). En zonas costeras donde existen cambios drásticos en el nivel del mar debido al movimiento de las mareas, no pueden desarrollarse las barras, ya que el sedimento se acumula cuando sube la marea y, cuando baja, es erosionado por las olas.

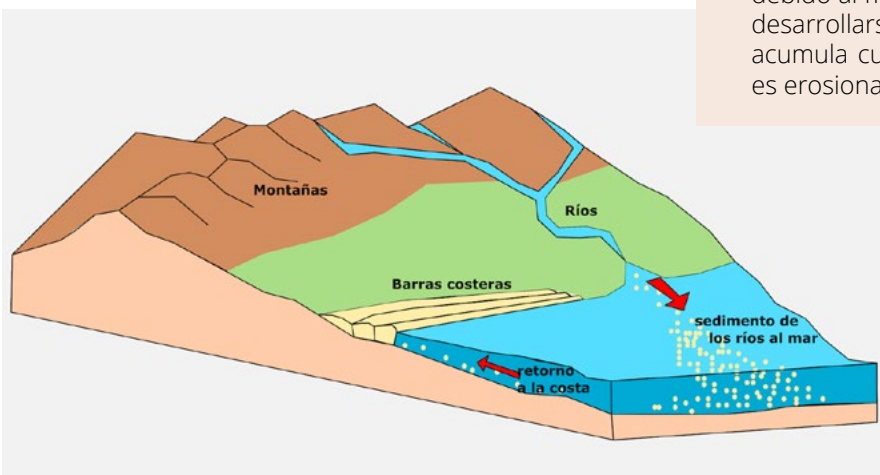


Figura 1. Formación de barras costeras. En la figura se muestra el ciclo del sedimento que conforma las barras o cordones costeros. Primeramente, el sedimento se produce en la zona continental por erosión y éste se transporta por los ríos hasta el mar, donde se deposita en partes distales de la plataforma continental. Seguidamente, por efecto del oleaje, el material del fondo llega a la línea de costa y, en la playa, llega a acumularse en montículos durante tormentas que provocan oleaje excepcionalmente elevado. Otros montículos o cordones se generan en sucesivos eventos de tormentas formándose un cordón cada 2-10 años.

<sup>1</sup>El delta es una superficie acumulativa que se origina en la zona de descarga de los ríos en los mares, se construye de sedimento mayoritariamente fluvial y tiene una forma de cono visto en planta, con el vértice apuntando hacia la zona continental.

<sup>2</sup>Superficie contigua a los continentes con una ligera inclinación y cubierta por el agua de mar.



El sedimento acumulado en la plataforma continental se moviliza por la acción del oleaje hasta la línea de costa, donde forma las playas de arena. El oleaje retorna las partículas minerales desde mar adentro y cuando se presentan fuertes tormentas con olas más altas de lo habitual, se apilan las partículas minerales tierra adentro de la línea de playa en forma de un montículo alargado o barra. Cuando cesa la tormenta y el oleaje regresa a condiciones normales, la barra queda fuera de la influencia de las olas y puede migrar su posición por la acción del viento y convertirse en una duna costera. Otra barra se anexionará después de otra tormenta intensa y quedará separada de la precedente por una depresión o vaguada. Al atravesar perpendicularmente una planicie de barras costeras, se aprecia un continuo de montículos y vaguadas donde las crestas de las barras se separan por unos pocos metros (Figura 1). Con el paso de los años, si los montículos están estabilizados, comienzan a colonizarse por vegetación. En un principio comienzan a crecer las plantas herbáceas, luego las arbustivas y, por último, dominarán las especies arbóreas. De esta manera, la vegetación suele ser más densa y desarrollada en las barras más antiguas y escasa e incipiente hacia la zona de playa. El tipo de vegetación que crece dependerá de las condiciones ambientales imperantes en la zona. En climas tropicales se desarrollará vegetación selvática y en zonas áridas, se asentarán cactáceas y plantas xerófilas.

Es importante recalcar que los sedimentos que transportan los ríos desde el continente hacia la plataforma continental varían también en función de las condiciones climáticas y esto puede llegar a repercutir en el tiempo de formación y tamaño de las barras costeras. Asimismo, si migra la desembocadura del río, se modifica la distribución espacial de las barras y las más antiguas pueden ser parcialmente erosionadas o desaparecer. Los cambios en el nivel medio del mar, ya sean por factores climáticos o tectónicos, también afectan a las barras, ya que una subida del nivel del mar produce el sumergimiento de las barras donde

una nueva generación de barras se les sobrepondrá. Durante el alejamiento del nivel del mar o regresión marina, las barras son abandonadas tierra adentro por varios metros y la zona de planicie costera crecerá debido a la formación de barras más recientes. Las planicies de barras costeras son entonces, formas del relieve terrestre muy sensibles a los cambios climáticos y tectónicos a nivel regional. Por ello, se les considera como archivos naturales de procesos erosivos, tectónicos y climáticos. El Holoceno medio y reciente (desde hace 6000 años hasta el presente) es la edad máxima que pueden tener las barras activas de las planicies costeras, ya que corresponde al tiempo en que el mar alcanzó el nivel medio actual y se estabilizó, después de la fusión de las masas de hielo ocurrida al finalizar las glaciaciones del Cuaternario. También existen barras fosilizadas de un tiempo geológico más antiguo, las cuales se estudian para conocer la dinámica climática y tectónica del tiempo en que se formaron.

### El delta de los ríos Usumacinta y Grijalva

El delta formado por los ríos Usumacinta y Grijalva se distribuye principalmente a lo largo de la planicie costera que tiene el Estado de Tabasco y, en menor medida, de la del Estado de Campeche. Las barras costeras se extienden por unos 100 kilómetros de largo y unos 35 kilómetros de ancho en las secciones más amplias. La vegetación de las barras es de manglar aunque, en la actualidad, esta vegetación ha sido ampliamente deforestada, por una parte, debido a la expansión de la ganadería extensiva y, por la otra, para facilitar la extracción de petróleo (Figura 2A).

El sedimento que compone las barras en este delta es aportado por los ríos Usumacinta y Grijalva, los cuales constituyen el décimo sistema de ríos más caudalosos de Norte América. Los dos ríos nacen en la Sierra de los Cuchumatanes, en Guatemala y descienden por separado por gran parte del territorio del Estado de Chiapas, México, para juntarse nuevamente en el Golfo de México, unos kilómetros antes de su desembocadura. El río Usumacinta es, en una buena parte de su recorrido, una frontera natural entre Guatemala y México. En esta región se encuentran los restos arqueológicos del mayor apogeo de la civilización Maya para el periodo Clásico (siglos III y IV después de Cristo), con asentamientos de gran tamaño y relevancia como son Yaxchilán,

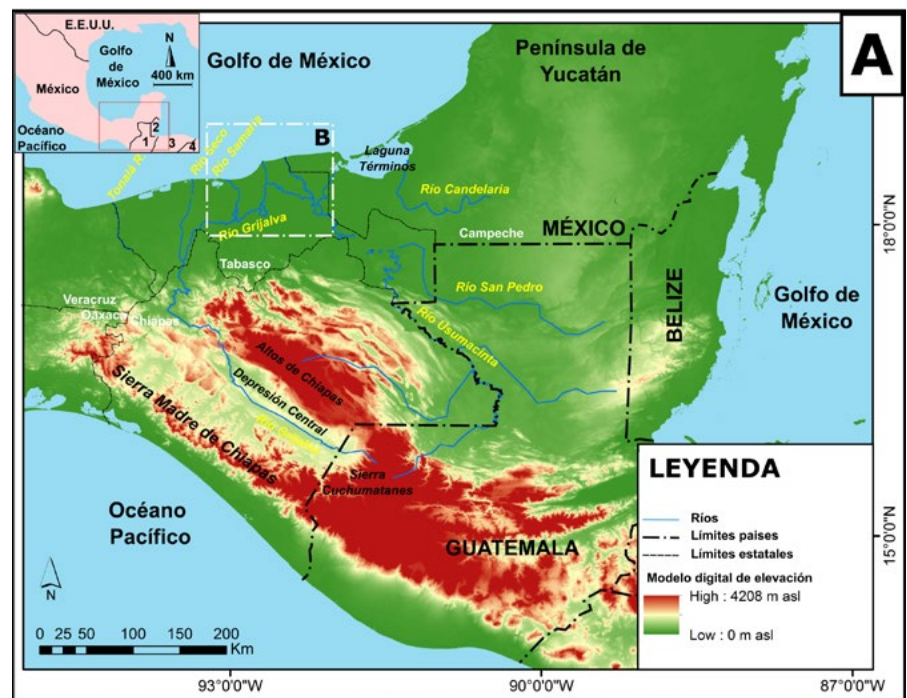


Figura 2A. Localización del delta del Usumacinta y Grijalva.



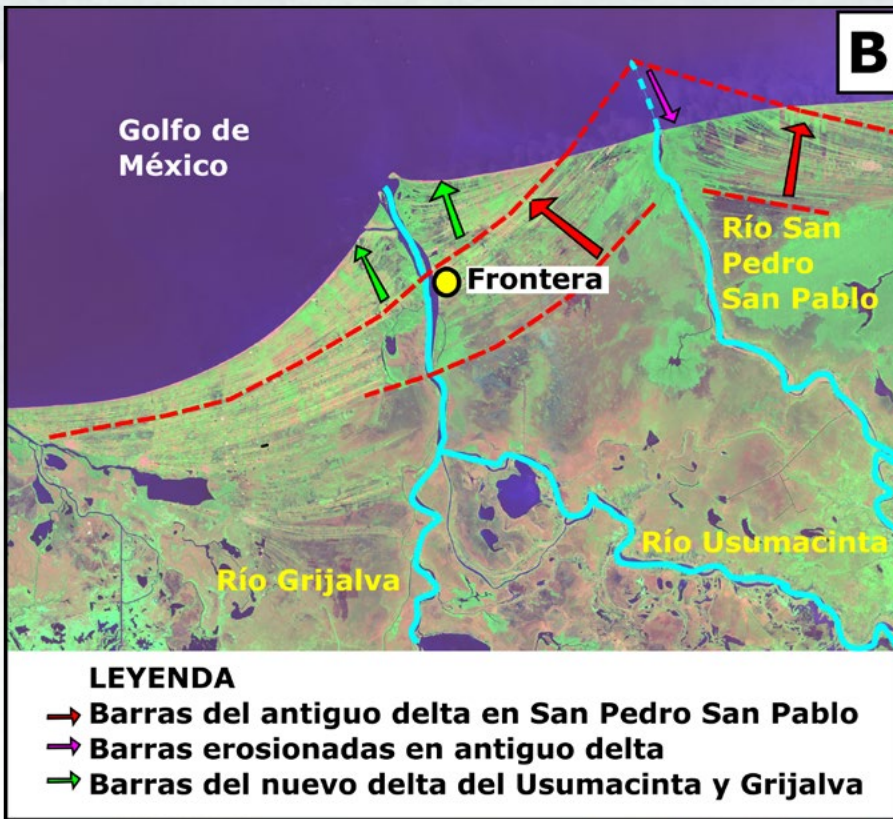


Figura 2 B. Fases en su evolución sobre una imagen de satélite Landsat.

Pomoná, Bonampak, entre otros. Por otro lado, el río Grijalva desciende por la Depresión Central de Chiapas y discurre de oeste a este por el territorio del Estado de Tabasco. Hace aproximadamente 2,000 años, la desembocadura de los ríos Usumacinta y Grijalva se localizaba en lo que hoy se conoce como el río San Pedro y San Pablo pero, en el siglo XIV después de Cristo, migró a su posición actual, que es la punta del delta, cerca de la ciudad de Frontera (Figura 2B). A consecuencia de esta migración de la desembocadura, las barras costeras que conformaban las primeras barras costeras a lo largo del río San Pedro y San Pablo tienen una dirección distinta a las que se están generando actualmente. Además, las primeras están truncadas debido a la erosión marina producto del oleaje. El identificar el tiempo que tardó en construirse el primer delta y el segundo, así como conocer el momento exacto en que ocurrió la migración de la desembocadura de los ríos Usumacinta y Grijalva se ha estudiado mediante el fechamiento de los materiales que componen las barras. Para ello, se ha utilizado la técnica de datación conocida como luminiscencia ópticamente estimulada. Esta consiste en el estudio de la luminiscencia que producen algunos minerales como el cuarzo después de ser enterrados. La luminiscencia es producto de la radiactividad natural que existe en los suelos y que proviene de elementos radiactivos como son el uranio-235, uranio-238 y el torio-232. Con el uso de la luminiscencia ópticamente estimulada, recientemente se ha conocido que las barras que se formaron en el río San Pedro San Pablo comenzaron a formarse hace 2,000 años y que los ríos Usumacinta y Grijalva migraron a su posición actual hacia finales del siglo XIV después de Cristo, casi al final del periodo Clásico Maya. Debido a que la migración de los ríos en las planicies costeras tiene lugar cuando el canal de un río canaliza grandes volúmenes de agua a altas velocidades, siendo resultado de intensas lluvias que suelen asociarse con inundaciones, se ha planteado que la relocalización de los ríos Usumacinta y Grijalva a su posición actual podría haber contribuido al declive de la sociedad Maya; aunque se requieren más estudios para confirmar esta hipótesis (para más información consultar: Muñoz-Salinas et al., 2023).

## El delta de Nayarit

El delta de Nayarit se extiende a lo largo de la llanura costera del Estado de Nayarit y, en menor medida, al sur del de Sinaloa. Las barras costeras se distribuyen más de 200 kilómetros de largo por 13 kilómetros de ancho (Figura 3A). La vegetación que se asienta es principalmente manglar y selva. Parte de los humedales del delta están dentro de la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales de Nayarit, decretada en el año 2010. La vegetación natural que se encuentra dentro de esta reserva está en buen estado de conservación, pero el resto ha sido ampliamente deforestada como resultado de la inserción de actividades agrícolas y ganaderas.

El sedimento que compone las barras es aportado por más de cinco ríos, los cuales desembocan de manera separada a la planicie costera. Algunos ríos vierten directamente al mar y otros lo hacen en lagunas que están en la costa. El río que acarrea más agua y sedimentos al delta de Nayarit es el Santiago, el cual es uno de los más grandes de México, tiene un recorrido de más de 400 kilómetros. Este río nace al occidente de la Cuenca de México y llega hasta la costa donde acarrea los sedimentos provenientes de la Faja Volcánica Trans-Mexicana y de la Sierra Madre Occidental. El segundo río más importante es el San Pedro, con unos 250 kilómetros de recorrido, el cual desciende directamente de la Sierra Madre Occidental. El tercer río por orden de importancia es el Acaponeta, tiene 230 kilómetros de recorrido y desemboca en la laguna de Agua Brava. Los ríos que drenan hacia al mar son los que aportan sedimentos y los que favorecen la formación de las barras del delta. Con el uso de la misma técnica de fechamiento empleada para obtener edades en las barras del delta de los ríos Usumacinta y Grijalva, es decir la luminiscencia ópticamente estimulada, se conoció que las barras más antiguas tienen unos 2000 años (Muñoz-Salinas et al., 2018). A parte de la edad, también se ha estudiado el porcentaje de sedimento que aporta cada uno de los ríos más importantes que vierten a la planicie de Nayarit. Esto lo realizó Abe Cisneros (2011), en

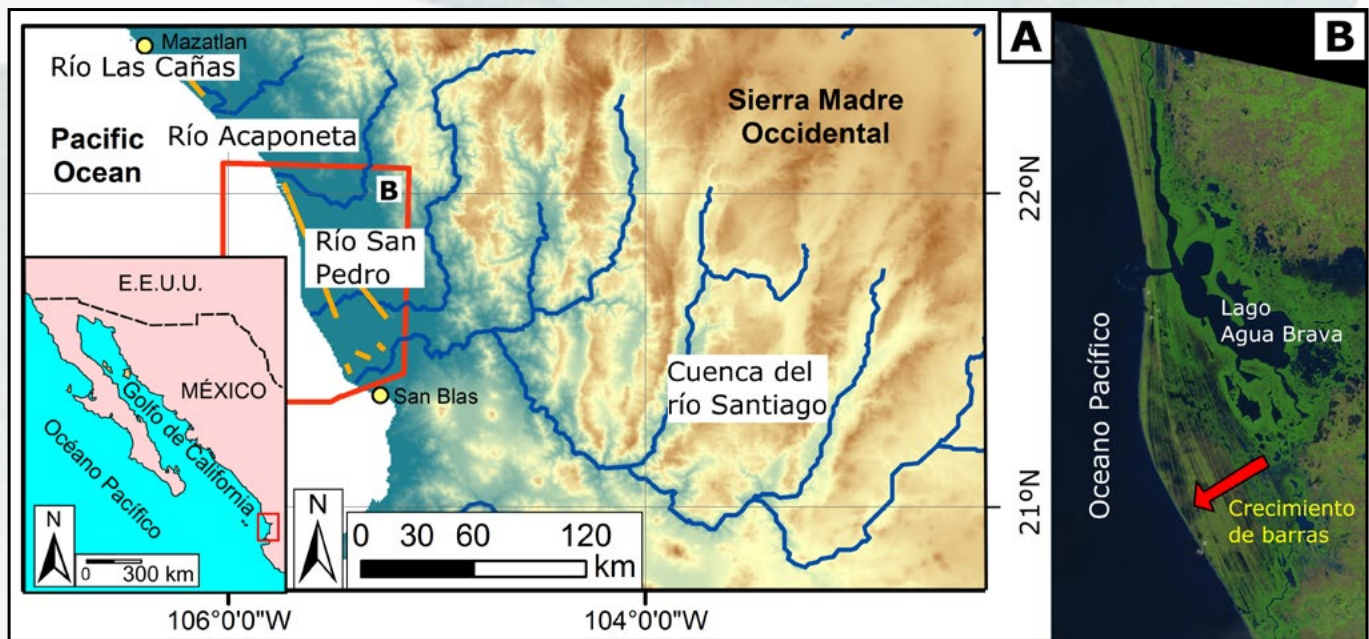


Figura 3. Localización del delta de Nayarit (A) y visualización de las barras en el estado de Nayarit sobre una imagen de satélite Landsat (B).

un estudio en el que se tomaron muestras de sedimentos del cauce de los ríos Santiago, San Pedro y Acaponeta, los cuales se analizaron en el laboratorio para obtener las proporciones de elementos químicos como el silicio, nitrógeno y estroncio, lo que se conoce como firma geoquímica. Se observó que, las concentraciones de estos elementos químicos en los ríos San Pedro y Acaponeta eran similares mientras que, la cuenca del río Santiago era muy diferente. Esto como resultado de que, esta última, transporta materiales de la Faja Volcánica Trans-Mexicana y de la Sierra Madre Occidental, mientras que las otras dos solo transportan sedimentos de la Sierra Madre Occidental. Adicionalmente, Abe Cisneros (2011) tomó muestras de las barras del delta de Nayarit en diversas localizaciones y realizó el mismo análisis de elementos químicos que en los ríos. La comparación estadística que se realizó entre la geoquímica de los ríos y las barras permitió entender que el mayor aporte del sedimento corresponde, en primer lugar, con el río Santiago y, en segundo, con el San Pedro. Finalmente, gracias al levantamiento topográfico del fondo oceánico del golfo de México y a perforaciones que permitieron obtener materiales por debajo de las barras que afloran en el delta, se sabe que existen sedimentos más antiguos y que tienen el mismo origen fluvio-costero (Moore et al., 1964). Un fechamiento realizado con la técnica de radiocarbono, la cual estudia el decaimiento del carbono-14 en nitrógeno-14 dentro de restos orgánicos sin vida, indicó que estos materiales subterráneos más antiguos se formaron hace más de 10,000 años (Curry et al., 1964). Esto indica que el delta de Nayarit tiene un origen complejo y que se requieren más estudios para conocer en profundidad sus procesos formativos.

### Consideraciones finales

Los estudios geológicos realizados hasta la fecha en el delta de los ríos Usumacinta y Grijalva y en el de Nayarit, han aportado información relevante sobre la edad y origen de las barras costeras. Sin embargo, cabe destacar que aún falta por comprender con más detalle cuánto ha cambiado el transporte de sedimentos en función de la variabilidad climática durante el Holoceno reciente. Conocer en profundidad estos dos sistemas deltaicos, los dos localizados en la porción central de la República Mexicana, pero uno en el Golfo de México y otro en el Pacífico, es de suma importancia ya que las barras contienen un archivo geológico natural de gran valor, no solo para los estudios geológicos, sino para los ecológicos y biológicos. Esto debido a que estos deltas de barras

son el hábitat de especies animales y vegetales de gran singularidad a nivel global. Por ello, promover la conservación de estos paisajes naturales, contribuye no solo a la preservación de archivos geológicos de vital relevancia para la ciencia, sino también para el mantenimiento del patrimonio natural de México.

### Referencias

- Abe Cisneros, R., 2011. Provenance and Origin of Holocene Beach Ridge and Modern Beach Sands from the Costa de Nayarit, Western Mexico. Ms Thesis submitted to Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, (USA).
- Curry, J.R., Moore, D.G., 1964. Holocene regressive littoral sand, costa de Nayarit, Mexico. In: van Straaten, L.M.J.U. (Ed.), *Deltaic and Shallow Marine Deposits*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam.
- Moore, D.G., Curry, J.R., 1964. Sedimentary framework of the drowned Pleistocene delta of Rio Grande de Santiago, Nayarit, Mexico. In: van Straaten, L.M.J.U. (Ed.), *Deltaic and Shallow Marine Deposits*. Elsevier, Amsterdam.
- Muñoz-Salinas, E., Castillo, M., Sanderson, D.C.W., Creswell, A., 2018. First luminescence geochronology of the beach-dune ridges of Nayarit strand-plain (west-central Mexico). *Journal of South American Earth Sciences* 88:642-648.
- Muñoz-Salinas, E., Cook, D., Castillo, M., Beach, T., Luzzadder-Beach, S., 2023. Four millennia of geomorphic change and human settlement in the lower Usumacinta-Grijalva River Basin, Mexico. *Progress in Physical Geography* 47(2), 227-248.



# ECOSISTEMAS COSTEROS Y MARINOS: ¿NOS BENEFICIAN IGUAL QUE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES?

Ana Itzel Casarrubias Jaimez<sup>1\*</sup>, Luz Piedad Romero-Duque<sup>2</sup>, Sandra Quijas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco

<sup>2</sup>Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Bogotá, Colombia.

\*aitzelcasarrubias@gmail.com



Figura 1. El cosistema de manglar cohabita con la laguna de Tres Palos y forma parte del ecosistema lagunar costero, en el municipio de Acapulco, Guerrero.

La ecología de ecosistemas, que es la ciencia que estudia la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, tiene la clave para responder este interrogante. Pero, para llegar a la respuesta, primero debemos aclarar algunos aspectos.

## ¿Ecosistemas terrestres, costeros y marinos, pueden estar en el mismo lugar?

¡Claro! Todos estos ecosistemas se pueden encontrar en el espacio de transición entre la tierra y el límite de mares y océanos conocido como zona costera. Esta, es una zona de transición caracterizada, de manera especial, por la interacción entre la actividad humana y los procesos de la naturaleza, debido a los beneficios que ofrece (Silva et al., 2017).

En esta zona de transición podemos resaltar uno de los ecosistemas más representativos, las lagunas costeras. Estos ecosistemas se caracterizan por ser cuerpos de agua salobre, debido al intercambio entre agua dulce y salada, que los hace entornos dulceacuícolas, marinos y terrestres. Además, estos ecosistemas poseen una gran biodiversidad; donde se pueden encontrar distintas especies de moluscos, peces, reptiles, anfibios, crustáceos y aves, entre otros. Las lagunas costeras también pueden cohabitar con otros ecosistemas, como los manglares (Figura 1) y humedales. México cuenta con 567,000 hectáreas de lagunas costeras y estuarios, y tan solo en el estado de Veracruz se ubican aproximadamente 18 lagunas costeras, las cuales representan el 7.4 % a nivel nacional. Algunos de los distintos ecosistemas costeros y marinos, se describen a continuación, en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de los principales ecosistemas costeros.

Ecosistema	Características
Estuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Cuerpo de agua parcialmente cerrado</li> <li>» Proviene de ríos y quebradas y se dirigen al mar</li> <li>» Filtran sedimentos y contaminantes</li> <li>» Cuerpos de agua lénticos</li> </ul>
Manglar	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Formación vegetal leñosa</li> <li>» Su suelo es fangoso</li> <li>» Alto nivel biológico</li> <li>» Reducen la erosión costera</li> <li>» Reducen la velocidad de los flujos de agua</li> </ul>
Humedales	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Retienen y almacenan agua para consumo humano</li> <li>» Sostienen la vida silvestre</li> <li>» El manglar forma parte de su flora distintiva</li> <li>» Filtra el agua</li> <li>» Recarga los mantos acuíferos</li> </ul>

### ¿Qué tienen en común los ecosistemas terrestres, costeros y marinos?

Todos los ecosistemas, ya sean costeros, marinos o terrestres (incluyendo los acuáticos dulces), proveen de bienes, procesos y condiciones que resultan útiles para el desarrollo social y económico de los seres humanos. Estos bienes, procesos o condiciones se conocen como servicios ecosistémicos, o más recientemente como contribuciones de la naturaleza. Los servicios ecosistémicos han sido reconocidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como el motor del medio ambiente. Gracias a los servicios ecosistémicos, hoy en día podemos disfrutar de alimentos, agua limpia, regulación del clima, polinización de cultivos, formación de suelos y muchos más beneficios. Debido a la gran variedad de beneficios, los servicios ecosistémicos han sido objeto de diversas clasificaciones (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificaciones de servicios ecosistémicos.

Organización	Clasificación
La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio <sup>1</sup>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. De soporte</li> <li>2. De regulación</li> <li>3. De aprovisionamiento</li> <li>4. Culturales</li> </ol>
La economía de los ecosistemas y la biodiversidad <sup>2</sup>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. De hábitat</li> <li>2. De regulación</li> <li>3. De abastecimiento</li> <li>4. Culturales</li> </ol>
Clasificación Internacional Común de Servicios Ecosistémicos <sup>3</sup>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. De provisión</li> <li>2. De regulación</li> <li>3. Culturales</li> </ol>
La Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas <sup>4</sup>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Materiales</li> <li>2. Reguladoras</li> <li>3. No-materiales</li> </ol>

<sup>1</sup>MEA 2005, por sus siglas en inglés  
<sup>2</sup>TEEB 2010, por sus siglas en inglés  
<sup>3</sup>CICES 2017, por sus siglas en inglés  
<sup>4</sup>IPBES 2019, por sus siglas en inglés

### Entonces, ¿Todos los ecosistemas nos benefician por igual?

La estructura y el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, costeros y marinos es diferente, por tal razón, ofrecen una variedad distinta de servicios ecosistémicos. Por ello, Liqueste *et al.*, (2013) propusieron una clasificación de servicios ecosistémicos específica para ecosistemas costeros y marinos, como se explica a continuación:

- **Servicios de aprovisionamiento:** incluyen el almacenamiento y suministro de agua, la provisión de comida, así como materiales bióticos y biocombustibles.
- **Servicios de regulación y mantenimiento:** incluyen la purificación del agua, la regulación de la calidad del aire, la protección costera contra desastres naturales, la regulación del clima, entre otros.
- **Servicios culturales:** incluyen los efectos cognitivos, los valores estéticos, las actividades de recreación y turismo.

La principal finalidad de la propuesta de Liqueste *et al.*, 2013, fue contribuir a facilitar la planificación y gestión de los ecosistemas costeros y marinos, ya que provee métricas de medición claras y comparables, e indica en qué ecosistemas medir qué servicios. Esto, a su vez, podría apoyar al diseño estrategias que contribuyan a mejorar las condiciones de los ecosistemas y de ser posible, revertir los daños actuales.



### Si son tan importantes, ¿Todos los servicios ecosistémicos son valorados?

Es importante mencionar que, aunque puedan sonar evidentes, los beneficios que los ecosistemas nos proveen, no siempre son aprovechados por la sociedad o, en algunos casos, unos lo son más que otros (Figuras 2 y 3). Ante esto, es necesario decir que, antes de ser valorados, hay que reconocerlos. Adicionalmente, es importante mencionar que los servicios ecosistémicos, además de ser monetizados, pueden y deben ser valorados con fines socioculturales, como:

- Beneficios espirituales: se obtienen beneficios como una sensación de conexión con la naturaleza, sensación de paz y tranquilidad.
- Beneficios recreativos: se puede practicar senderismo, pescar, acampar u observar aves.
- Beneficios estéticos: se puede disfrutar la belleza del manglar o el sonido del agua.
- Beneficios educativos: se puede aprender sobre la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y la importancia de su conservación.

Una de las razones por la que es importante el reconocimiento de los servicios ecosistémicos es porque esto podría facilitar el entendimiento de las relaciones seres humanos-naturaleza a múltiples escalas y, a su vez, ayudar a comprender mejor algunos conceptos como el suministro ecológico, y la oferta y la demanda de servicios, entre otros. Lo anterior resulta importante, porque debido al uso insostenible e incluso a la sobreexplotación de diversos ecosistemas, se ha disminuido la disponibilidad de estos servicios (Balvanera *et al.*, 2012).



Figura 2. En el ecosistema lagunar costero de Tres Palos, el servicio que más se usa es el de provisión de alimentos, especialmente por la pesca.

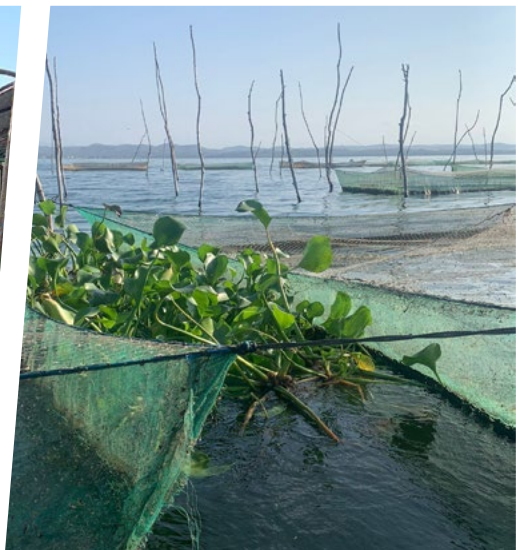


Figura 3. En el ecosistema lagunar costero de Tres Palos, una de las prácticas que va en aumento es la acuicultura, en la cual el servicio ecosistémico de hábitat es aprovechado.

### Referencias

- Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Leñero, L., y otros (2012). Ecosystem services research in Latin America: The state of the art. *Ecosystem Services*, 2, 56-70. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.09.006>
- Liquete, C., Piroddi, C., Drakou, E. G., Gurney, L., Katsanevakis, S., Charef, A., & Egoh, B. (2013). Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: a systematic review. *PLoS One*, 8(7), e67737. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067737>
- Silva, R., Martínez, M. L., Moreno-Casasola, P., Mendoza, E., López-Portillo, J., Lithgow, D., Vázquez, G., Martínez-Martínez, R. E., Monroy-Ibarra, R., Cáceres-Puig, J. I., Ramírez-Hernández, A., & Boy-Tamborell, M. (2017). Aspectos generales de la zona costera. UNAM; INECOL. 54pp.

# EN CAMINO A LA SOBERANÍA ALIMENTARIA EN BAHÍA DE KINO, SONORA

**Adrian Arvizu-Ruiz<sup>1</sup>, Ramón Héctor Barraza-Guardado<sup>1\*</sup> y Angélica Paulina Riesgo-Ruiz<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS), Blvd Luis D. Colosio s/n entre Reforma y Sahuaripa, Edificio 7G, Hermosillo, Sonora, México.

<sup>2</sup>Departamento de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al sur Km 5.5, 23080 La Paz, Baja California Sur, México.

\*ramon.barraza@unison.mx



## ¿Soberanía alimentaria?

La soberanía alimentaria es un concepto que refiere y reconoce la importancia del derecho de los pueblos a definir sus propias políticas agrícolas, pesqueras, alimentarias y productivas, con el objetivo de alcanzar la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible en relación con la producción, distribución y consumo de alimentos. Sin embargo, esta perspectiva va más allá de la seguridad alimentaria, que se enfoca en garantizar el acceso físico y económico a suficientes alimentos seguros y nutritivos para satisfacer las necesidades nutricionales de la población; también considera aspectos culturales, sociales, económicos y ambientales, en búsqueda de fomentar sistemas alimentarios basados en la sostenibilidad, la equidad, la diversidad y la autonomía. Lo anterior, perfila a la soberanía alimentaria como una herramienta fundamental para la seguridad alimentaria, ya que permite a las comunidades vías para garantizar su acceso a alimentos nutritivos y culturalmente apropiados.

Además, al fortalecer las capacidades locales de producción de alimentos, se reducen las dependencias externas y se promueve la autosuficiencia, especialmente en regiones vulnerables a la inseguridad alimentaria, como la mayoría de las comunidades ribereñas del Golfo de California, incluyendo a las de la costa de Sonora. En estas comunidades, es necesario y totalmente imprescindible contribuir al desarrollo sustentable mediante la promoción de prácticas pesqueras sostenibles, la conservación de la biodiversidad, la protección de los recursos naturales y la promoción de medios de vida rurales viables. Por estas razones, al impulsar los sistemas alimentarios locales y diversificados se reducen los impactos ambientales asociados con la producción a gran escala y el transporte de alimentos a larga distancia.

La región pesquera de Bahía de Kino, ubicada en el estado de Sonora, México, abarca una superficie de 109,371 hectáreas (Figura 1). Limita al norte con los poblados de la comunidad indígena Comcaac y al sur con los límites de Guaymas, Sonora. Es reconocida por su importancia en términos de recursos pesqueros, y su ubicación privilegiada en



Figura 1. Mapa del área de Bahía de Kino en las costas de Sonora, México.



el Golfo de California le proporciona hábitats con una alta diversidad de especies marinas, convirtiendo a la bahía en un punto destacado para la pesca industrial y ribereña. Cabe acentuar que esta actividad tiene un papel fundamental en la economía y el sustento del centro poblacional de Bahía de Kino. Ahí, los pescadores se dedican a la captura de una amplia gama de especies de peces como la sierra, corvina, cabrilla sardinera, tiburón e invertebrados como el camarón, jaiba, callo de hacha, almeja reina, chocolata, arrocera, pulpo y caracol chino negro y rosa (Figura 2). Sin embargo, estos recursos pesqueros no solo proveen alimentos y empleo a la comunidad, sino que también son de interés para la industria pesquera y acuícola de la región y contribuyen a la economía estatal y nacional. Esto último ha generado un incremento de demanda en los productos, aumentando la presión pesquera sobre los stocks biológicos. Por esta razón, la conservación y gestión sostenible de los recursos pesqueros en Bahía de Kino son aspectos clave para garantizar la continuidad de las actividades pesqueras ribereñas y proteger la biodiversidad marina de la zona. Para esto, se requiere implementar medidas de manejo adecuadas, como regulaciones de pesca, monitoreo de poblaciones y prácticas pesqueras sostenibles, en colaboración con los pescadores, las autoridades y otros actores involucrados.



Figura 2. A la izquierda, producto de la pesquería de sierra, a la derecha pesca de caracol chino rosa.

### ¿Qué es la pesca ribereña y cuál es su situación en Bahía de Kino?

La pesca ribereña se refiere a la actividad de pesca que se realiza en las zonas cercanas a la costa e involucra a pescadores locales, a menudo en embarcaciones pequeñas de fibra de vidrio comúnmente llamadas “pangas”, en las que capturan una variedad de especies marinas para su sustento y comercialización con diversos artes de pesca como redes, trampas, buceo, entre otros (Figura 3).

Actualmente, en la zona de pesca de Bahía de Kino algunas de las especies explotadas cuentan con un manejo pesquero bien estipulado, tal es el caso del camarón y de las distintas especies de callo de hacha. Sin embargo, la pesquería de moluscos presenta serios desafíos por factores como la información desactualizada o poco confiable sobre la extracción real de las distintas especies objetivo como pulpo, almeja blanca, chocolata, pierna de mujer y el caracol chino rosa. Lo anterior, como resultado de la ausencia de un sistema claro y efectivo de vigilancia y la presencia de un sector pesquero con crecimiento constante, pero desorganizado, que escasamente depende de permisos de pesca. Específicamente, los pescadores de pequeñas embarcaciones llamadas “pangas” consideran que los permisos son herramientas poco eficientes para regular la extracción de los recursos, pues, implican trámites tardados, engorrosos y costosos, que, para fines prácticos, tienen nula vigilancia en los puntos de desembarque.



Figura 3. Pescadores ribereños de Sonora, trabajando en la pesquería del pez sierra (*Scomberomorus sierra*).

Algunas investigaciones han reflejado que los principales motivos que llevan a los pescadores a infringir o desconsiderar las reglas y leyes pesqueras, son la percepción de la distribución desigual de los derechos de pesca, de los apoyos de gobierno y la dependencia de permisionarios para vender sus productos. Un ejemplo de lo anterior, es que solo quienes cuentan con permisos y concesiones vigentes pueden ser considerados para programas de apoyo de pesca. En este sentido, los recursos destinados para comunidades pesqueras usualmente solo quedan en pocas familias, lo

que ejerce una influencia en la separación de la colaboración voluntaria de los actores, principalmente los de menor "jerarquía" como los pescadores no regularizados, todo derivado de la suma de los factores antes mencionados. Sin embargo, ante esa situación, los pescadores con mayores carencias enfatizan interés por participar en el desarrollo de estrategias de gestión sostenible de los recursos con el apoyo de instituciones y organizaciones que faciliten un buen asesoramiento y orientación para la gestión de permisos, capacitaciones y apoyos. Y es que se ha comprobado que comunidades con un recurso compartido pueden autoorganizarse independientemente para lograr la sostenibilidad, sin sujetarse a los procesos de gestión gubernamental.

### Proyectos de Mejora Pesquera

Una estrategia viable para que las comunidades pesqueras implementen estrategias adecuadas de trabajo sustentable con buena gestión, pueden ser los Proyectos de Mejora Pesquera, o en inglés *Fishery Improvement Project* (FIP). Los FIP's, básicamente emplean la fuerza del mercado para fomentar cambios en las prácticas pesqueras (especialmente las ribereñas), mediante estrategias y acciones diseñadas para gestionar y conservar de manera sostenible los recursos pesqueros, con el objetivo de garantizar la viabilidad a largo plazo de las actividades de pesca, y preservar al mismo tiempo el ecosistema marino procurando la protección de sus recursos (Figura 4). Para lograr estimar la influencia medioambiental de la extracción de recursos marinos y generar opciones de compra atractivas para el sector social e industrial, los FIP's emplean el estándar del *Marine Stewardship Council* que se rige mediante la evaluación de tres principios prioritarios: a) la condición del stock pesquero, b) la salud del ecosistema que soporta la pesquería (incluye pesca de especies incidentales) y c) los mecanismos de gobernanza. Sin embargo, dependerá del recurso que se trate si se requiere incluir uno o más principios que se adecuen a la pesquería en cuestión.

Si bien, pareciera que los FIP's se enfocan en el cuidado del equilibrio pesquero, es valioso destacar que también se incorporan herramientas que atienden las problemáticas sociales que comúnmente acompañan a las pesquerías. Es importante dejar claro que es imposible llegar a una sostenibilidad si se vulneran los derechos de las y los pescadores, como la equidad e igualdad

de los actores pesqueros. Estos planes incluyen medidas de colaboración organizada y directa de la comunidad, pescadores, gobierno, organizaciones no gubernamentales, empresas y consumidores.

### Conclusión

A pesar de su valor ecológico y socioeconómico, la región pesquera de Bahía de Kino ha experimentado una presión pesquera intensiva en las últimas décadas. La sobrepesca ha llevado a la disminución de las poblaciones de especies comerciales y a la alteración de los equilibrios ecológicos en la bahía. Por lo tanto, es necesario considerar fomentar la participación de actores directos de la comunidad con un sentido hacia un mejoramiento en el manejo sustentable de los recursos, y también, eficientizar las ganancias y beneficios por los esfuerzos de pesca. Una buena opción, son los Proyectos de Mejora Pesquera (FIP), que permitirán la apertura de diálogo, gestión de estrategias y herramientas a implementar entre la comunidad; como capacitaciones, certificaciones y talleres para hombres y mujeres que contribuyen en la cadena de aprovechamiento de los recursos marinos de Bahía de Kino.



Figura 4. Etapas que componen un proyecto de mejora pesquera (tomado de Stavrinaky-Suarez, 2021).

### Referencias

Cinti, A., Duberstein, J. N., Torreblanca, E., & Moreno-Báez, M. (2014). Overfishing drivers and opportunities for recovery in small-scale fisheries of the Midriff Islands Region, Gulf of California, Mexico: the roles of land and sea institutions in fisheries sustainability. *Ecology and Society*, 19(1).

Fernández-Rivera Melo, F. J., Suárez-Castillo, A., Amador-Castro, I. G., Gastélum-Nava, E., Espinosa-Romero, M. J., & Torre, J. (2018). Bases para el ordenamiento de la pesca artesanal con la participación del sector productivo en la Región de las Grandes Islas, Golfo de California. *Ciencia Pesquera*, 26, 81-100.

Gutiérrez N. L., R. Hilborn y O. Defeo. (2011). Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature*, 470: 386-389.

Stavrinaky-Suarez, A. (2021). Los FIP's como herramientas para alcanzar la sostenibilidad de las pesquerías. Edf.org (Environmental Defense Fund). <https://mexico.edf.org/blog/2021/07/06/los-fips-como-herramientas-para-alcanzar-la-sostenibilidad-de-las-pesquerias>



# LA CONSTRUCCIÓN DE RESILIENCIA EN LAS CIUDADES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: EL CASO DE MÉRIDA, YUCATÁN

Brenda Monserrat Jiménez-Cadena<sup>1</sup>, Marcos Granados-Flores<sup>2</sup>, Gustavo Martín-Morales<sup>1</sup>, Francisco Guerra-Martínez<sup>1, 2, 3\*</sup>

<sup>1</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, Universidad Nacional Autónoma de México. Tablaje Catastral Núm. 6998, Carretera Mérida-Tetiz Km. 4.5, 97357 Ucu, Yucatán, México

<sup>2</sup>Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Unidad Sisal, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Sisal, Yucatán.

<sup>3</sup>Grupo de investigación "Estudios en Geoecología y Ecología del Paisaje". Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, México.

\*francisco.guerra@enesmerida.unam.mx

## Un repaso al problema: el cambio climático

El cambio climático siempre ha ocurrido sobre la superficie terrestre. Sin embargo, ¿Cuál ha sido la aportación de la humanidad al mismo? De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, el cambio climático se define como "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables".

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) considera que, como producto del cambio climático se presentarán amenazas con episodios de inicio lento y de inicio rápido a lo largo del planeta (Figura 1). Entre los episodios de inicio lento se incluyen principalmente el aumento de la temperatura, la elevación del nivel del mar, entre otros; mientras que entre los principales eventos de inicio rápido se encuentran los ciclones tropicales, las inundaciones y las sequías, entre otros (Cardona et al., 2012).

Ante esto, diversas organizaciones en el mundo han elaborado estudios, planes, convenios y regulaciones para hacer frente a la problemática. Sin embargo, las metodologías empleadas continúan en constante desarrollo en la búsqueda de generar información cada vez más precisa. Para esto, es necesario realizar investigación con enfoques inter y transdisciplinarios que incorporen variables ambientales y sociales para medir el grado de amenaza, la vulnerabilidad de las poblaciones, la capacidad de respuesta y la adaptación a los riesgos.



Figura 1. Consecuencias del cambio climático de ocurrencia lenta y rápida. Elaboración propia con información del IPCC.



## Amenazas: la ocurrencia de eventos potencialmente dañinos

Una amenaza se define como la probabilidad de que ocurra algún evento de origen natural o antrópico que puede o no provocar un desastre. Algo debe quedar muy claro, una amenaza en sí (e.g. un huracán), no debe ser considerada como un desastre, tiene potencial de provocarlo, pero no necesariamente ocurrirá. Los efectos de las amenazas son los que se denominan desastres. En otras palabras, los desastres no son naturales como se ha difundido, no existen los desastres naturales, lo que existen son amenazas que pueden provocar desastres, pero apoyados por la ciencia y la tecnología es posible reducir las pérdidas, los riesgos y fomentar las adaptaciones (Toro, 2020).

En este trabajo nos hemos centrado en abordar como principal amenaza los ciclones tropicales, definidos como *"sistema giratorio, organizado por nubes y tormentas que se origina sobre aguas tropicales o subtropicales y tiene un centro de circulación cerrado en los niveles bajos de la atmósfera. Los ciclones tropicales rotan en contra de las manecillas del reloj en el hemisferio norte"*. Estos eventos son clasificados como depresión tropical, tormenta tropical, huracán (denominados como tifones en el Pacífico noroeste) y huracán intenso, esta clasificación se basa en la velocidad máxima de los vientos sostenidos a partir de la Escala de vientos de huracán de Saffir-Simpson (NOAA, 2013). Los ciclones tropicales afectan a las latitudes tropicales y subtropicales de distintos continentes y pueden causar innumerables daños. En particular, centramos la atención en los ciclones tropicales que afectan y seguirán afectando en la Península de Yucatán, especialmente a la ciudad de Mérida, debido a que representan una amenaza constante que puede ocasionar distintas problemáticas como inundaciones, pérdida de vidas humanas, pérdidas de infraestructura, desabasto de alimentos y medicamentos, pérdida de ecosistemas, entre otras afectaciones.

En México, uno de los tipos de ciclones tropicales más conocidos son los huracanes. Una de las zonas más afectadas por los huracanes es la costa americana del Atlántico Norte, especialmente la zona del mar Caribe y el Golfo de México. A partir de los registros históricos de las trayectorias de los huracanes que han cruzado por la Península de Yucatán se logró medir el nivel de amenaza por

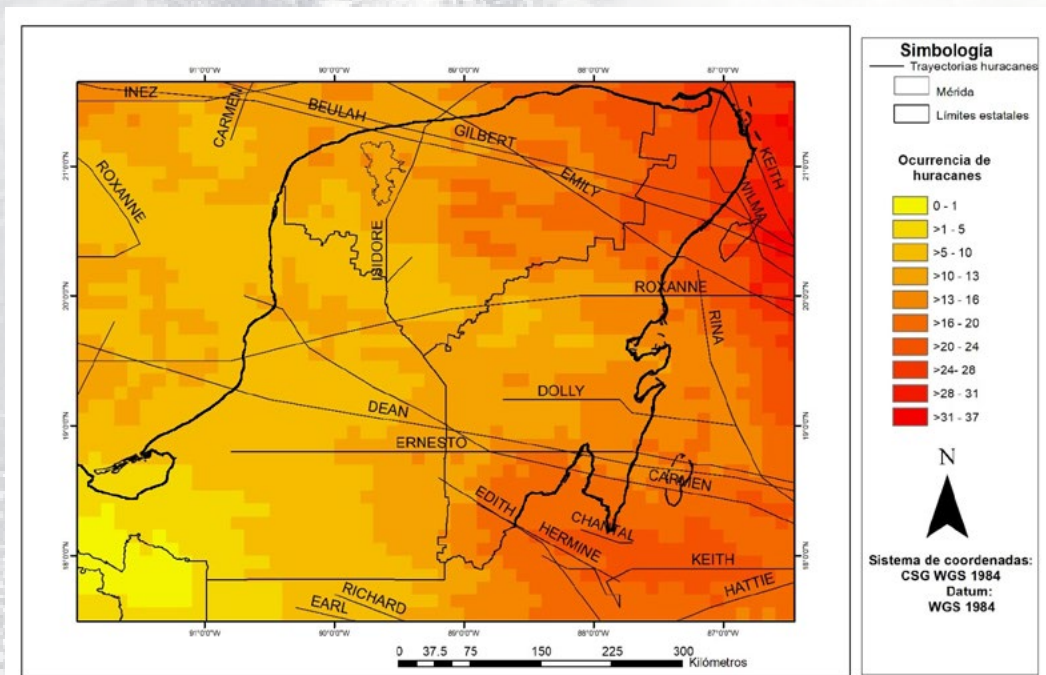


Figura 2. Mapa de ocurrencia de huracanes en la Península de Yucatán. Elaboración propia con información de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos de América.

huracanes, a través de la probabilidad de su ocurrencia para los próximos años alrededor de la ciudad de Mérida, Yucatán (Figura 2).

## ¿Estamos preparados para un huracán? Hay que evaluar la vulnerabilidad

La vulnerabilidad se conoce como la probabilidad de que un sistema (subsistema o componente de un subsistema) presente daños ante la exposición a una amenaza. No cabe duda de que los sectores más vulnerables a presentar afectaciones, en el actual escenario de cambio climático, corresponden a poblaciones que se dedican al sector primario como son agricultura, ganadería y extracción de leña (Arreguín-Cortés et al., 2015) pues se encuentran mayormente expuestas a las incidencias climáticas. Sin embargo, las poblaciones urbanas también están expuestas a inundaciones repentinas, lo que ocurre de manera recurrente en Mérida, a causa de las intensas precipitaciones provocadas por los ciclones tropicales.

Para estimar la vulnerabilidad de las poblaciones humanas es necesario considerar múltiples factores que las puedan volver más propensas a ser afectadas por las amenazas. Considerando lo anterior, a partir del método de trabajo propuesto en el Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático (Arreguín-Cortés et al., 2015) abordamos una estrategia para calcular un índice de vulnerabilidad social (IVS) a nivel de manzanas urbanas usando el sistema de información geográfica QGIS. Calculamos la vulnerabilidad a partir de información pública, principalmente obtenida del Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) usando como principales indicadores información relacionada con la población, como son: la educación, la salud, el empleo y la vivienda (Figura 3).

Las evaluaciones muestran que la población que habita el 77.94% de las manzanas en el municipio de Mérida poseen una



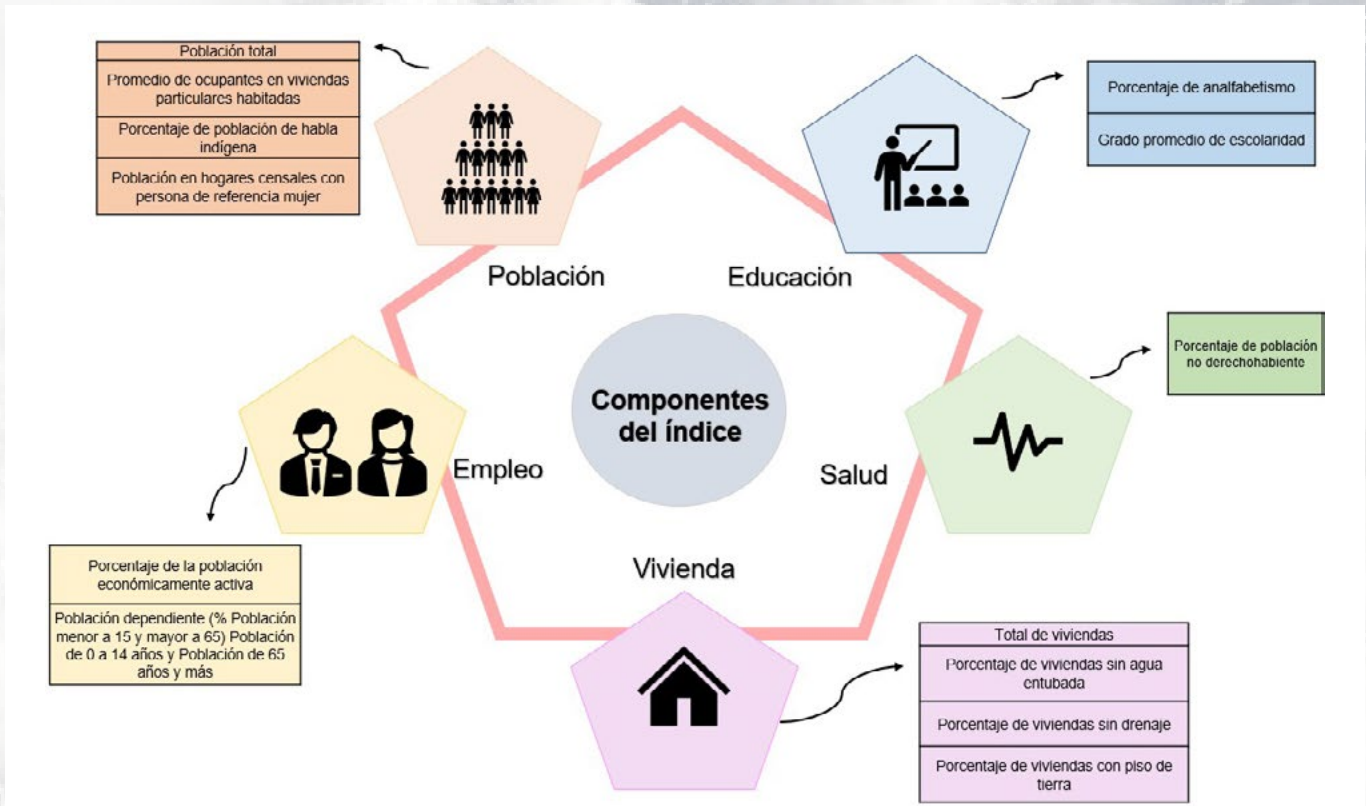


Figura 3. Indicadores y variables empleadas para el cálculo del índice de vulnerabilidad social. Elaboración propia con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

vulnerabilidad social de baja a muy baja, mientras que la población que habita un 9.54% de las manzanas cuenta con una vulnerabilidad social de alta a muy alta de ser afectada por las amenazas. Algunos focos de atención deben ser los siguientes: 1) el parque industrial

cercano al Fraccionamiento de las Américas en la zona norte de la ciudad y 2) las colonias aledañas al Aeropuerto Internacional de Mérida Crescencio Rejón, entre otras áreas de atención (Figura 4).

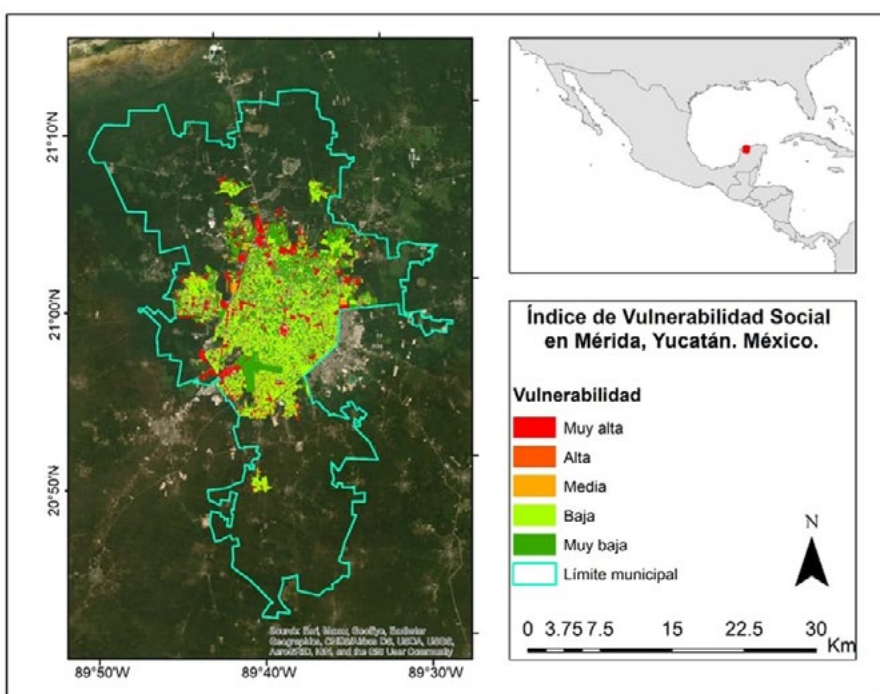


Figura 4. Mapa del índice de vulnerabilidad social del municipio de Mérida, Yucatán. Elaboración propia.

### Un licuado de riesgo

La receta para estimar el riesgo en un sitio combina la presencia de una amenaza, la exposición de una población o sistema y la vulnerabilidad de la misma. Si combinamos esto en nuestra licuadora tenemos que para Mérida el 82.57% de las manzanas presentan un índice de riesgo entre bajo y medio, el 10.06% de las manzanas un riesgo muy alto, el 6.54% de las manzanas un nivel de riesgo muy bajo y el 0.83% de las manzanas un riesgo alto. El riesgo más elevado se concentra en la periferia de la ciudad. Este escenario de riesgo se realiza considerando como principal amenaza a los huracanes.

Es un hecho que seguirán transitando huracanes en la Península de Yucatán. Mérida no podrá evitar ser impactada por los mismos. Sin embargo, lo que sí se puede hacer es promover estrategias que mejoren las

condiciones sociales, económicas y ambientales de la población y favorezcan la reducción de la vulnerabilidad. En otras palabras, es necesario construir resiliencia.

### ¿Cómo se construye la resiliencia?

Primero, ¿qué es la resiliencia? La resiliencia se define como la capacidad de un sistema (población humana o ecosistema) de resistir el impacto de una amenaza (o disturbio) y una vez concluida esta, de comenzar un proceso de recuperación que lo lleve a obtener las condiciones lo más cercanas posibles a la situación previa a las afectaciones (Guerra-Martínez et al., 2020).

Todo apunta a un incremento en la intensidad de los ciclones tropicales como consecuencia del cambio climático. Las afectaciones pueden ser reducidas si proponemos estrategias de mitigación y adaptación para los cambios esperados. Sin duda, estas estrategias nos llevarán a construir resiliencia, es decir, a fortalecer a las poblaciones en términos sociales, económicos y ambientales para enfrentar las amenazas.

Algunas medidas que fomentarán la construcción de la resiliencia y la reducción de la vulnerabilidad de la población humana pueden ser las siguientes: conservar los

ecosistemas costeros que pueden contener a los violentos vientos huracanados; mantener la cobertura vegetal y los suelos para absorber las intensas precipitaciones; popularizar las acciones de alerta temprana para dar información a la población; favorecer la reducción de las desigualdades socioeconómicas; incentivar el crecimiento poblacional ordenado para reducir riesgos futuros; fomentar una cultura de gestión de riesgos más que de gestión de desastres; escuchar a la población en torno a su percepción del riesgo; fortalecer los lazos entre los sectores académico (investigaciones trans e interdisciplinarias), institucional (aplicar estrategias de ordenamiento del territorio) y civil (desarrollar la cultura de la prevención), así como generar políticas públicas adecuadas.

Las condiciones actuales sugieren que el cambio climático no se detendrá. Esto nos lleva a considerar que es necesario prepararnos para enfrentar los impactos. Está clara la necesidad de buscar mecanismos de adaptación que reduzcan la vulnerabilidad y el riesgo y que fortalezcan la resiliencia (resistencia y recuperación) frente a los eventos esperados.

Aunque sea difícil de enfrentar, el escenario actual nos demuestra que los impactos del cambio climático serán inevitables durante el siglo XXI. ¡Asómate al mar! Hay tres barcos llamados: prevención, mitigación y adaptación. Todo indica que posiblemente se está yendo el barco de la prevención. ¡Esperen! Parece que escuchamos el sonar del barco de la mitigación y estamos a tiempo de subir. ¡Corramos! Sin duda, estamos a tiempo de embarcar en el barco de la adaptación, nos llaman a gritos.



Figura 5. El proceso de construcción de resiliencia de la población. Elaboración propia.

### Referencias

Arreguín-Cortés, F., López Pérez, M., Rodríguez López, O., & Montero Martínez, M., 2015, *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 146 pp.

Cardona, O.D., van Aalst M.K., Birkmann, J., Fordham, M., McGregor, G., Perez, R., Pulwarty, R.S., Schipper, E.L.F., y Sinh, B.T., 2012, *Determinants of risk: exposure and vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Guerra-Martínez, F., García-Romero, A., Martínez-Morales, M.A., 2020, Evaluación de la resiliencia ecológica de los bosques tropicales secos: una aproximación multiescalar, *Madera y Bosques*, 26:e2631983.

NOAA. 2013. Guía de preparación. Servicio Nacional de Meteorología, Agencia Nacional del Océano y la Atmósfera, Estados Unidos de América. Disponible en línea en [https://www.weather.gov/media/owlie/ciclones\\_tropicales11.pdf](https://www.weather.gov/media/owlie/ciclones_tropicales11.pdf) (consultado el 5 de febrero de 2024).

Toro, J. 2020. Los desastres no son naturales. Banco Mundial en América Latina y el Caribe. Disponible en línea en <https://www.youtube.com/watch?v=sZZFuz0gZrQ> (consultado el 5 de febrero de 2024).



# LA PITAYA, UNA DULCE TRADICIÓN Y FUENTE ALIMENTICIA CON IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA

**Víctor Andreé De La Torre Velázquez<sup>1</sup>, Aldo H. Gutiérrez Saldaña<sup>2</sup>, Ángel Javier Ojeda Contreras<sup>2</sup>, Antonio Romo Paz<sup>3</sup>, Corina Hayano Kanashiro<sup>1</sup>, Miguel Ángel Hernández Oñate<sup>4</sup> y Jesús Antonio Orozco Avitia<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.

<sup>2</sup>Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora, México.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.

<sup>4</sup>CONAHCYT- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora, México.

\*avitia65@ciad.mx

## Introducción

*Stenocereus thurberi* es un cactus silvestre endémico del Desierto Sonorense, conocido como pitayo dulce. Esta especie produce frutos conocidos coloquialmente como pitayas, las cuales representan una alternativa alimenticia, nutricional y socioeconómica para las comunidades del Desierto Sonorense. Debido a sus propiedades, las plantas y frutos de pitaya tienen un alto potencial para ser usados en la generación de productos nutricionales, medicinales y agroindustriales. En este sentido, el cultivo de pitaya podría brindar importantes beneficios a los agricultores debido a su capacidad para adaptarse a las altas temperaturas y la baja demanda de agua requerida por esta especie. Mediante la propagación vegetativa (reproducción de una planta a través de tejidos no reproductivos como tallos, hojas y raíces) de esta especie, es posible recuperar plantas silvestres y, por otro lado, sería factible el establecimiento de microindustrias en el área rural para su aprovechamiento mediante la elaboración de productos y así verse aumentadas las fuentes de empleo en dichas regiones.

## Descripción general de la especie

*Stenocereus thurberi* pertenece a la familia de las cactáceas, al género *Stenocereus* y a la especie de *S. thurberi*. Las plantas de pitayo se caracterizan por ser cactus columnares de 3-8 metros de altura con numerosas ramas (Figura 1A). Esta especie es endémica del Desierto Sonorense, su distribución está restringida al noroeste de México, desde el norte de Sinaloa y el oeste de Chihuahua hasta el suroeste de Arizona en los Estados Unidos. También es común en toda la península de Baja California y las islas del Golfo de California (Figura 1B). Estas plantas son conocidas por producir frutos que suelen ser globosos, con piel de color verde a rojizo, cubiertos de espinas y dehiscentes (es decir, el fruto se abre de manera espontánea cuando está maduro) (Figura 1C). Los primeros frutos suelen producirse cuando la planta alcanza la madurez reproductiva (la planta puede comenzar a producir flores y frutos), lo cual coincide cuando los tallos de las plantas alcanzan entre 2 a 2.5 metros de altura (Turner *et al.*, 1995).

La producción de los frutos de pitaya se presenta en los meses más calurosos (junio-agosto), este proceso comienza con la floración, la cual está controlada por la genética de la especie y es influenciada por las condiciones ambientales. En el estado de Sonora, el inicio y tiempo de floración de la pitaya es variado. En la parte centro y sur del estado, el inicio de la floración puede presentarse desde mediados del mes de abril, mientras que en la parte norte se presenta a mediados





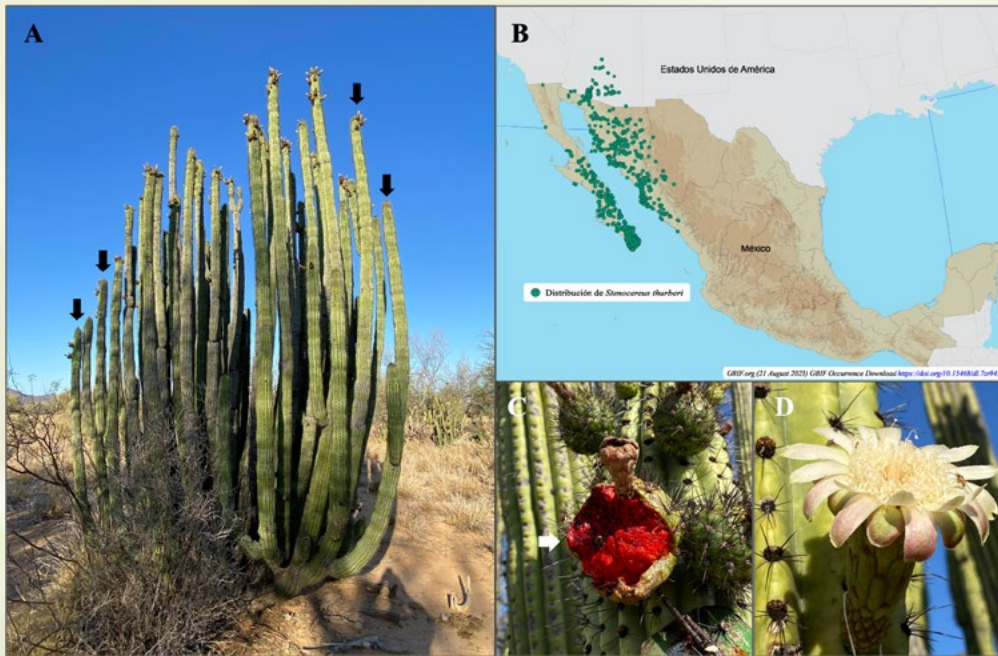


Figura 1. Descripción física de *Stenocereus thurberi*. A, Brazos columnares (flechas negras); B, Distribución de *Stenocereus thurberi* (GBIF.org, accesado el 21/agosto/2023. <https://doi.org/10.15468/dl.7zr945>); C, Fruto maduro dehiscente (flecha blanca); D, Flor abierta (foto tomada por la mañana). Fotografías (A, C y D) tomadas por Miguel Á. Hernández Oñate en la localidad de Carbó, Son. Figura (B) realizada por Aldo H. Gutiérrez Saldaña.

del mes de mayo y a principios del mes de junio. Las flores abren por una sola noche, inicia al anochecer y se cierran durante la mañana y suelen ser fecundadas por distintos polinizadores como los murciélagos, abejas, aves y algunos otros insectos (Figura 1D).

### Frutos de pitaya de diferentes colores

Si la polinización de las flores fue exitosa, se formarán frutos con pulpa jugosa, repletos de semillas negras, de sabor dulce y con coloraciones llamativas. La coloración más común es roja, no obstante, es posible encontrar frutos con pulpa naranja, violeta, amarilla y blanca con diferentes intensidades de sabor y dulzor (Figura 2). Estas coloraciones se deben a la presencia de pigmentos conocidos como "betalainas", que pueden ser de dos tipos: betacianinas y betaxantinas. La proporción de estos compuestos en los frutos determina el color de la pulpa: si hay una mayor proporción de betacianinas el fruto tendrá coloraciones entre rojo-violeta; si hay una mayor proporción es de betaxantinas, la pulpa tendrá una coloración entre amarillo-naranja. Esta coloración tiene una función

poseen las pitayas pueden ser utilizadas como colorante natural en alimentos y bebidas, lo cual podría ayudar a disminuir el uso de pigmentos artificiales en la industria alimenticia.

### La dulce tradición de la pitaya

Desde la antigüedad, la pitaya dulce ha desempeñado un papel importante en los grupos indígenas de Sonora, constituyendo una valiosa fuente de alimento, un símbolo de identidad y una celebración. En los relatos de los jesuitas que estuvieron en este Estado hace más de 300 años, mencionan en sus crónicas de la Nueva España sobre el consumo de pitaya por parte de los seris o comca'ac: "los indígenas comen hasta que están enfermos y exprimen un vino bueno, el que toman hasta que están llenos". A la fecha, las comunidades de la región todavía usan los frutos de pitaya y sus derivados en sus festivales y celebraciones tradicionales. Los seris siguen con la costumbre y tradición centenaria de celebrar el Año Nuevo Seri el 30 de junio y el primero de julio, donde se toma un vino hecho con los frutos de los cactus de esta región, incluyendo de pitaya dulce (*S. thurberi*). El fruto de la pitaya y la de otros cactus también lo consumen desde hace mucho tiempo otras etnias sonorenses como los pápagos (Tohono o'odham) y los mayos. Actualmente, en algunas regiones del estado de Sonora se sigue con la tradición del año nuevo organizando ferias o festivales de la pitaya para conservar estas costumbres. En lugares como Carbó, Ures y Seribampo (Sonora) se ofrecen diversos platillos: mermeladas, nieves, refrescos, paletas, pitaya deshidratada, coyotas, empanadas, pasteles, tamales y otras comidas preparadas como base de este preciado fruto del desierto (Montane, 1996).

### Importancia económica y propiedades nutricionales de la pitaya

La pitaya no es solo una especie importante en la ecología de las zonas áridas y semiáridas, sino que también representa recursos con alto potencial económico ya que su comercialización beneficia la economía de las comunidades de la región (Yetman y Van Devender, 2002). Por un lado, algunas partes como el tronco y las ramas de la pitaya suelen ser utilizadas para la construcción de cercas, paredes, techos y algunos muebles. Asimismo, la madera seca proveniente de

importante en la fruta, sirve para atraer a aves y murciélagos que se alimentan de los frutos y ayudan a dispersar las semillas. Además, estos pigmentos también brindan un ambiente protector y antioxidante al fruto, principalmente cuando las temperaturas llegan hasta los 50°C (Sadowska-Bartosz y Bartosz, 2021).

El uso de estos pigmentos ha sido ampliamente estudiado, una de las principales propiedades atribuidas a estos compuestos es su capacidad como antioxidantes, por lo que el consumo de pitaya podría tener un impacto positivo en la salud humana. También se ha propuesto que las betalainas que



los tallos es usada como combustible para hornear pan y para la fabricación de ladrillos de adobe. En el caso de los frutos, los pitayeros recorren el desierto para colectarlos desde antes del amanecer, luego los entregan a quienes van a comercializarlos en las comunidades rurales y en los alrededores del Mercado Municipal de Hermosillo. Para el verano de 2023 el precio promedio por fruto en el estado de Sonora fue de 10 pesos. Se estima que la venta del fruto fresco representa una derrama económica para el recolector de aproximadamente \$500 MNX/día y de \$1000 MNX/día para el vendedor directo al público.

Por otro lado, las etnias de la región sonorenses confieren usos variados a las distintas partes de *S. thurberi*, por ejemplo, el tallo verde es utilizado para tratar mordeduras de serpientes e insectos. Las cáscaras secas son utilizadas para problemas estomacales y para detener las hemorragias en las mujeres. Estas propiedades medicinales pueden ser atribuidas a sus compuestos bioactivos como flavonas, sesquiterpenos, lactonas y alcaloides presentes en los tejidos de la planta. En términos de contenido nutricional, se ha documentado que las betalaínas (pigmentos) tienen muchas propiedades benéficas antiinflamatorias y anticancerígenas. Adicionalmente, los frutos también son considerados como una fuente natural importante de vitaminas (B, C y E) y minerales (Hierro, cobre, zinc), así como, de fibra cruda, la cual es esencial para la salud digestiva. Debido a esto, es claro que el consumo de estos frutos ayuda a mejorar la salud humana que son una excelente fuente de nutrientes esenciales y antioxidantes.

### Perspectivas

Las plantas y frutos de pitaya tienen un gran potencial desde la comercialización del fruto fresco, la elaboración de productos a base de la pulpa, la presencia de metabolitos con alto valor para la industria alimentaria, medicinal y agroindustrial que tienen un reconocido impacto en la salud humana. Por lo tanto, dirigir los esfuerzos y recursos hacia la investigación en plantas y frutos de pitaya para la identificación de metabolitos de interés. Sin embargo, debido a la deforestación causada principalmente por actividades agrícolas, mineras, incendios forestales y el crecimiento urbano, las poblaciones de pitaya se están diezmando; por lo que, para seguir conservando la dulce tradición de la pitaya es necesario proponer estrategias para hacer frente a esta problemática. En este sentido, investigadores del CIAD, A.C. (Hermosillo-Son.) han propuesto la propagación vegetativa para reforestar áreas donde crece la pitaya como un cultivo de bajo requerimiento de agua y mantenimiento como una estrategia de conservación para hacer frente a esta problemática. Esto ayudará, por un lado, a la recuperación y conservación de las poblaciones de pitaya y, por otro lado, representará una importante fuente de recursos económicos para la economía de las comunidades del Desierto Sonorense.

### Conclusiones

La pitaya tiene una gran importancia etnobotánica en el estado de Sonora. Gracias a sus propiedades nutricionales presentes en la pulpa, su consumo se ha incrementado. Además de su comercialización en las comunidades del Desierto Sonorense, los diversos metabolitos contenidos tanto en la planta como en los frutos, incrementan el potencial de su comercialización en la industria. Sin embargo, se requieren más estudios sobre los aspectos fisiológicos, medicinales, agroindustriales y genéticos que permitan la identificación de variedades que garanticen frutos de buena calidad y la sostenibilidad del sistema productivo.

### Referencias

- Sadowska-Bartoszyk, I. y Bartoszyk, G., 2021, Biological Properties and Applications of Betalains: Molecules (Basel, Switzerland) 26, 1-36.
- Turner R.M., Bowers J.E. y Burgess, T. L. 1995. Sonora Desert plants: An ecological atlas: Tucson, University of Arizona Press, 542 pp.
- Yetman, D. y Van Devender T. R., 2002, Mayo Ethnobotany Land, History, and Traditional Knowledge in Northwest Mexico. Berkeley, University of California Press, 359 pp.
- Montane, J. C., "Una carta del Padre Adam Gilg S.J. sobre los Seris, 1692", Revista de El Colegio de Sonora, vol. 7, no. 12, pp. 141-164, January 1996.

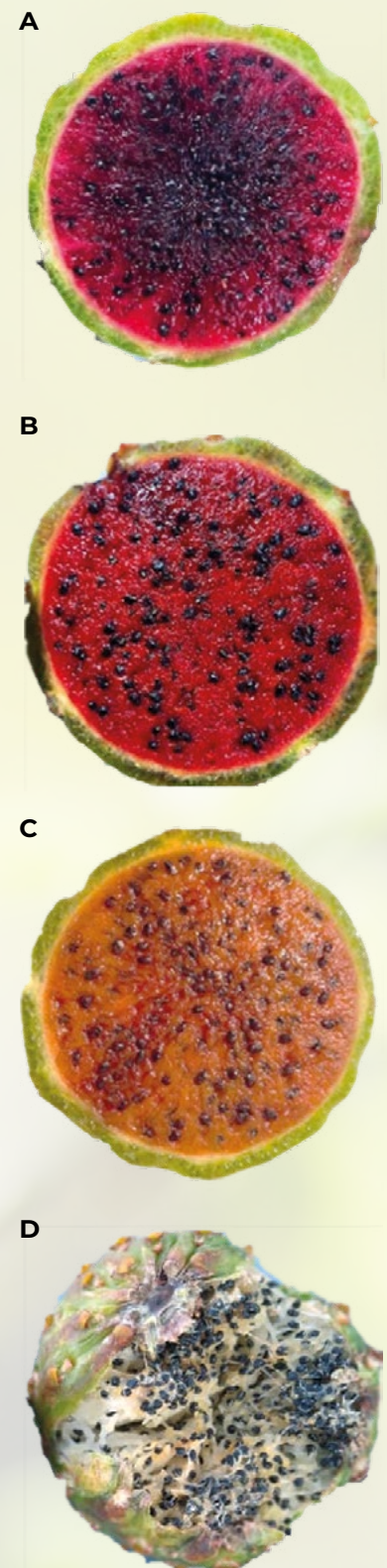


Figura 2. Frutos de pitaya de distintas pigmentaciones. A, Pitaya morada; B, Pitaya roja; C, Pitaya naranja; D, Pitaya blanca; E, Pitaya amarilla. A, B y C son frutos colectados en Carbó, Son. D y E, son frutos colectados en Las Guásimas de Belem, Son. Fotografías (A, B y C) tomadas por Miguel Á. Hernández-Oñate. Fotos D y E tomadas por Ismael recolector de pitayas de Las Guásima de Belem, Son.

# ¿Y SI USAMOS DRONES?... ESTUDIANDO LA VEGETACIÓN DESDE EL AIRE EN ZONAS ÁRIDAS

**Jose Raul Romo-Leon<sup>1\*</sup> y Masuly Guadalupe Vega Puga<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México

<sup>2</sup>Ingeniería en Ciencias Ambientales, Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México

\*jose.romo@unison.mx



## Introducción

En la actualidad, el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT), está ampliamente extendido a muchos aspectos de la vida social (fotografía, deporte, recreación, etc.) y económica (publicidad, vigilancia/seguridad, inspección general, etc.). Sin embargo, las aplicaciones en ciencias ambientales y ecología también son muy prometedoras, pues el desarrollo de aproximaciones sistemáticas, validadas por trabajo de campo, constituyen herramientas con gran potencial para el monitoreo de las dinámicas de la biota. Tal es el caso de los estudios de parámetros de la vegetación (ej. cobertura, distribución, altura) utilizando VANT, los cuales nos ayudan a incrementar nuestro entendimiento a cerca de la ecología de especies clave, y por ende comprender mejor cómo funcionan comunidades y ecosistemas desde una perspectiva de paisaje local y regional. Al respecto, los ecosistemas en zonas áridas, constituyen candidatos ideales para estudios por VANT, pues en muchos de ellos es posible discernir parches de vegetación (múltiples individuos juntos, pero creciendo en forma de "isla" con respecto a otro conjunto de individuos), y en algunos casos individuos solos, lo cual nos permite calcular múltiples parámetros de la cubierta vegetal para comprender su estado, y en caso de poder visitar estos sitios en varias ocasiones, su dinámica.

## Los VANT en fotogrametría y estudios ecológicos en zonas áridas:

Como es bien sabido, la principal función/aplicación (aunque no es la única) de los VANT, es la de tomar fotografía y video aéreos de alta resolución espacial. Esto último implica que el discernir objetos y sus detalles sea una tarea relativamente sencilla, dependiendo de la resolución espacial con que se obtengan las imágenes. Esta resolución espacial, es determinada por la altura con la que se vuela (se tome la muestra con VANT), la resolución de la cámara montada en la plataforma, y la velocidad de barrido en relación con la rapidez de la toma/captura de imagen por parte del sensor (Vega-Puga et al., 2022). Es decir, que la variabilidad de los factores mencionados anteriormente, determina eficacia con la que se pueden llevar a cabo el reconocimiento de objetos en el terreno.

Sin embargo, la simple toma de fotografía aérea no es suficiente para llevar a cabo estudios de la vegetación (Figura 1). Para esto, otra de las funciones clave en los VANT, es la capacidad de geolocalizar cada una de las fotografías que captura el sensor/cámara mediante sistemas de GPS (interinos y en algunos casos externos), además de poder determinar la altura sobre el terreno a la que el sensor captura las fotografías. Utilizando estos parámetros, además de las especificaciones del sensor (cámara montada en el VANT), es posible construir imágenes aéreas compuestas (por múltiples imágenes), con resolución espacial determinada (aunque puede tener variabilidad por el relieve sobre el terreno), de extensiones de terreno que pueden ir desde unos cuantos metros cuadrados hasta cientos





Figura 1. Vuelo programado en el terreno, VANT con cámara RGB estándar. La presente fotografía fue capturada por los autores.

de hectáreas (dependiendo de la capacidad de vuelo y cobertura de los VANT utilizados). Utilizando estas imágenes compuestas, es posible llevar a cabo estudios fotogramétricos (Jensen, 2005). Entendiendo por fotogrametría, las técnicas utilizadas para medir formas, dimensiones, posición e interacción con la luz, de objetos, mediante el uso de fotografía.

Es importante mencionar, que existen múltiples sensores que pueden ser adaptados para su uso con VANT. Desde simples cámaras rojo-verde-azul (RGB por su acrónimo en inglés), hasta sensores más sofisticados como pueden ser cámaras multiespectrales (imágenes separadas en diferentes secciones de espectro electromagnético), Sensores de Detección de Luz y Rango (LiDAR por su acrónimo en inglés), sensores pancromáticos, entre otros. Una vez hechas las capturas (recolección de imágenes) con estos sensores, el proceso de generación de imágenes aéreas compuestas (geo-

referenciadas y ortorectificadas) se lleva a cabo. Mediante estas imágenes, es posible ejecutar rutinas de fotogrametría (medición por medio de fotografía), de los elementos que ocurren dentro de las mismas. En términos generales, es de esta manera, que la medición de parámetros de la vegetación, utilizando estas plataformas puede llevarse a cabo.

#### **Estimando parámetros de la vegetación en zonas áridas utilizando fotogrametría:**

La medición de las propiedades de la vegetación en el terreno, no puede ser totalmente reemplazada por el uso de VANT. Sin embargo, estas tecnologías pueden contribuir a llevar a cabo mediciones eficientes en menor tiempo, para estimar características clave de la cobertura vegetal vía fotogrametría, las cuales nos pueden dar una buena idea del estado y estructura de la comunidad observada. Algunas de las posibilidades más obvias, al usar drones para medir la vegetación en zonas áridas son:

**Estimación de cobertura vegetal:** la proporción del suelo cubierta por vegetación, se puede estimar a través del uso de sistemas de información geográfica (SIG), en combinación con imágenes aéreas compuestas generadas vía VANT. Estos métodos, en combinación con trabajo de campo (para validar observaciones), nos permiten observar y muestrear grandes extensiones de terreno, para estimar la proporción de la vegetación con respecto al suelo desnudo, con una gran exactitud. Para llevar a cabo lo anterior existen métodos de digitalización directa por automatización (delinear el contorno de la vegetación directamente sobre la fotografía), y aproximaciones estadísticas por clasificación de cobertura de suelo (Romo-Leon et al., 2014).

**Estimación de parches:** derivado de las estimaciones de cobertura de suelo, se pueden extraer la forma, tamaño, y propiedades (geométricas) de la distribución de parches de la vegetación. Estos parámetros son de suma importancia en ecológica del paisaje, pues brindan gran información a cerca de la estructura de los ecosistemas (como es la relación entre especies), y las dinámicas de la comunidad biológica en el sitio (por que el arreglo espacial ocurre de esa manera). La estructura y propiedades (geométricas) de parches se puede obtener una vez realizada la digitalización para estimar la cobertura vegetal, como parte de los análisis de ecología del paisaje (Figura 2).

**Medición de proxis de productividad:** A través del uso de sensores electrópticos multispectrales, es posible calcular el vigor de la vegetación, al medir proxis de fotosíntesis/productividad. Existen múltiples índices de la vegetación, que utilizan las características fisiológicas de las especies, para medir como las plantas usan la porción de la radiación fotosintéticamente activa (PAR por su acrónimo en inglés). En otras palabras, es posible estimar la magnitud y la forma en que la planta usa la radiación (la luz), y por ende, relacionar esta luz con cuanto carbono se está fijando (ya que es proporcional a la cantidad de energía utilizada). Por otra parte, cabe mencionar que existen índices de la vegetación que usan cámaras RGB simples, pero son poco utilizados por razones intrínsecas al sensor.

**Aplicaciones por especie:** Dependiendo de los parámetros de la toma de muestra (ej, altura de los vuelos), o de las preguntas que se quiera contestar, existen múltiples aproximaciones para estudiar especies vía VANT. Algunos ejemplos de estas son: el conteo de individuos por área (deberá

reconocerse la especie de interés en las fotografías), modelación tridimensional de la copa y tallo de individuos (potencial aplicación para estimar biomasa si se relaciona con densidad), vigor específico (estudio de la fotosíntesis en esa especie), fenología (cuando ocurren los estadios biológicas como floración o senescencia), entre otros.

**Estimando el contenido de Carbono (aéreo):** aproximaciones dentro de una comunidad para estimar biomasa aérea. Para esto se pueden utilizar relaciones alométricas (como se relación la forma con la cantidad de biomasa), para entender como los parámetros de los individuos (como por ejemplo el radio de copa) se relacionan con peso o volumen del mismo. En la actualidad, también existen estudios que intentar relacionar la altura de los individuos sobre el terreno con su biomasa (Vega-Puga et al. 2022).

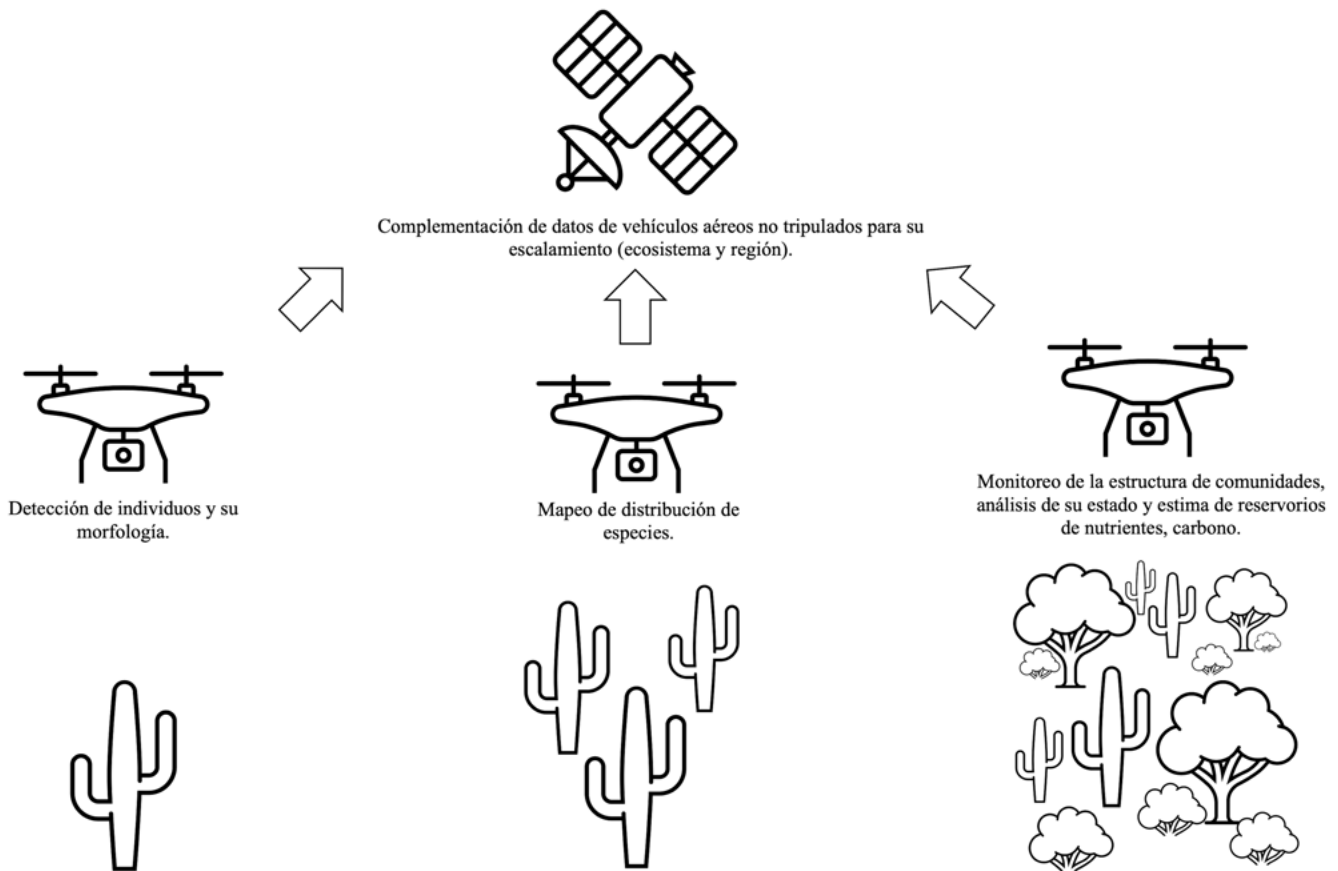


Figura 2: Esquema que muestra las diversas escalas/capacidades de monitoreo con VANT. También denota la posible relación/combinación con el uso de otros sensores. La presente figura fue diseñada por los autores.



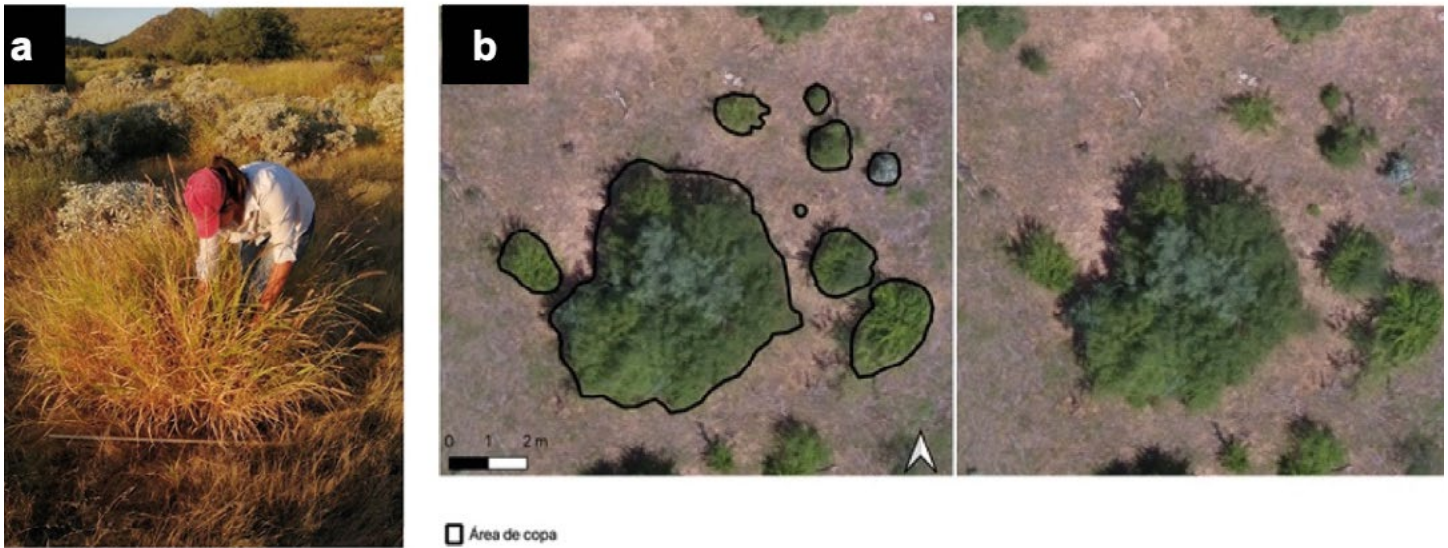


Figura 3: a) Representación de toma de muestra en campo y b) representación de las mediciones vía VANT análogas al trabajo de campo. a) Fotografía Capturada por los autores b) sección de ortomosaico graneado por los autores.

La razón por la que se puede decir que estos instrumentos son ideales para estudios de la vegetación en zonas áridas, es que la cobertura vegetal es generalmente menos estratificada (múltiples estratos en cuanto a altura) y más escasa en estos ambientes que, en ecosistemas más húmedos, y esto hace que en muchas ocasiones sea posible discernir entre individuos y parches de manera más fácil (Figura 3 a-b). Lo anterior no implica que, el uso de VANT no pueda ser muy eficiente en otros tipos de ecosistemas, pues el uso específico dependerá de la pregunta de investigación/manejo, de la capacidad de los sensores montados en el VANT, y finalmente de la aproximación utilizada para obtener los resultados deseados.

#### En el futuro:

Las técnicas para el uso de VANT en estudios ecológicos son cada vez más populares entre los investigadores y a medida que la tecnología y los costos lo permitan, estas herramientas serán cada vez más comunes. Sin embargo, es importante entender que la validación en terreno para cada nueva aproximación es necesaria, con el fin de entender como nuestras estimaciones se relacionan con la realidad. Para lo anterior, las zonas áridas y semiáridas constituyen laboratorios naturales, en donde la prueba de nuevos conceptos para la estimación de parámetros de las comunidades vegetales vía fotogrametría, con instrumentos colocados en VANT, puede avanzar rápidamente.

#### Referencias

- Vega-Puga, M. G., Romo-Leon, J. R., Castellanos, A. E., Castillo-Gómez, R. A., Garatuza-Payán, J., & Ángeles-Pérez, G., 2022, High resolution images for change detection on aboveground carbon storage in semiarid communities, after the introduction of exotic species *Cenchrus ciliaris*: *Botanical Sciences*, 101, 41-56.
- Jensen, J.R., 2005, *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*: Pearson Prentice Hall, 3rd edn, Upper Saddle River.
- Romo-Leon, J.R., van Leeuwen, W.J.D., Castellanos-Villegas, A., 2014, Using remote sensing tools to assess land use transitions in unsustainable arid agro-ecosystems: *Journal of Arid Environments*, 106, 27-35.



# AGENDA TIERRA

Espacio dedicado a compartir los días mundiales e internacionales declarados en las asambleas de la ONU, con el objetivo de llamar la atención sobre temas importantes que promueven el interés en la preservación de nuestro entorno natural. En esta ocasión, hablaremos del día internacional de los trópicos que se conmemora el 29 de junio.

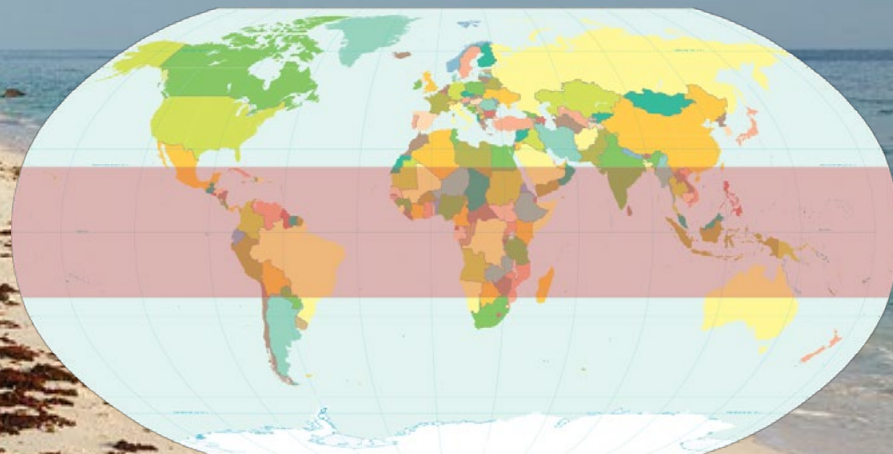
## ¿Qué son los trópicos?

Se conocen como trópicos a la región de la Tierra entre los paralelos denominados trópico de Cáncer, en el hemisferio boreal, y trópico de Capricornio, en el hemisferio austral, equidistantes al Ecuador, situados a 23° 27' de latitud norte y sur, respectivamente.

Los trópicos representan 40% de la superficie total del planeta y albergan 80% de la biodiversidad del mundo. Hacer notar sobre los retos a los que se enfrentan las zonas tropicales, concientizar a los países de los trópicos para los objetivos de desarrollo sustentable son parte los objetivos.

### Día internacional de los trópicos.

29 de junio



Trópico. Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1671207>

#### Referencias:

<https://www.gob.mx/siap/articulos/dia-internacional-de-los-tropicos-338123>

Aimée Orcí. Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Luis D. Colosio y Madrid. Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000.



## **“Nuestra Tierra”**

### **Revista de divulgación de Ciencias Naturales**

“Nuestra Tierra” es una publicación semestral de la Estación Regional del Noroeste de la Universidad Nacional Autónoma de México, con la cooperación del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora; es un medio de difusión de Ciencias Naturales como son las Ciencias de la Tierra y las Biológicas, aunque puede cubrir otras áreas del conocimiento científico. Su objetivo es dar a conocer, de manera sencilla, artículos y/o reportajes sobre investigaciones realizadas en los campos antes mencionados, tanto en México como en otras partes del mundo, así como temas de interés general relacionados con nuestro planeta y el universo. Se sugiere que los autores de las contribuciones sean especialistas o conocedores del tema. No se aceptan, en cambio, artículos de investigación ni informes de trabajo. Esta revista está dirigida no sólo a personas con estudios universitarios, sino también a estudiantes de nivel medio superior. Por esta razón, se pide a los autores que utilicen un lenguaje ágil, claro y sencillo, aunque sin que sea coloquial, limitando los términos especializados, los cuales deben de ir seguidos de una definición corta y clara, ya sea entre paréntesis o comillas, como nota al pie de página o como un cuadro resaltado dentro del texto. Las abreviaturas o acrónimos deben de evitarse hasta donde sea posible, a menos que sean de uso y conocimiento común.

### **NORMAS EDITORIALES**

#### **Texto**

Los artículos deberán estar escritos en español, en “Word”, con letra Times New Roman, 11 puntos, normal, a doble espacio y con márgenes de 2.5 cm. Se recomienda dividir el texto con subtítulos en negritas. Los trabajos deberán enviarse en formato de archivo DOC o RTF (Rich Text Format) con el mínimo de formato posible. El nombre del archivo deberá contener las palabras clave del título, o el tema del mismo.

#### **Imágenes, fotografías, cuadros y figuras**

Las imágenes, fotografías cuadros y figuras deben presentarse como archivos independientes, enlistarse en hojas separadas y deben ser numerados en el orden de aparición en el texto. Deberán estar en español y tener los debidos permisos de reproducción cuando no sean originales (producidos por el autor). El número de los mismos no deberá ser mayor de 5, aunque podrían aceptarse hasta 7 en los casos que así lo ameriten. Las imágenes deberán tener una resolución mínima de 300 dpi, con formato JPEG, TIFF o PDF. En el caso de que se adquieran de internet, se recomienda guardarlas con el tamaño más grande para que tengan la mayor resolución.

Los encabezados de cuadros y tablas, y los pies de figura y de foto deben tener la información suficiente para entenderse sin la ayuda del texto principal.

Se publicarán artículos en dos modalidades: 1) textos cortos, con un mínimo de ½ página impresa y un máximo de 2 páginas; 2) textos en extenso, con un mínimo de 3 y máximo de 6 cuartillas con ilustraciones. En el texto no deben incluirse agradecimientos ni dedicatorias.

Los artículos recibidos serán evaluados por el editor en jefe; si éste considera que el artículo puede publicarse, lo pasará a los editores asociados para su revisión, y los comentarios y observaciones serán regresados al autor para correcciones finales. Sin embargo, si fuera necesario hacer correcciones mayores en la versión del manuscrito enviado por primera vez, el editor en jefe enviará el artículo al autor con sus comentarios. Si fuera el caso, se rechazarán aquellos artículos que no cumplan con los objetivos de la revista o que no tengan la calidad adecuada, tanto en la escritura como en el contenido, sin ninguna responsabilidad de la revista.

#### **Citas**

En caso de incluir citas de artículos, se sugiere un máximo de 3. Se debe incluir la bibliografía al final con el siguiente formato:

Para un autor: apellido y fecha (Torres, 1997).

Para 2 citas o más de un mismo tema, separar cada cita por un punto y coma (;) y en orden cronológico: (Torres et al., 1987; Barrón, 2006).

#### **Referencias**

En el caso de recomendar alguna lectura, la referencia debe ir completa al final del texto con el siguiente formato:

a) Artículos en publicaciones periódicas

Apellido(s), Inicial(es), Año, Título: Título de la revista, volumen, número de la primera y la última página del artículo. Ejemplo:

Barrios D., 1991, El oro y la historia de Perú: Historia Latinoamericana, 100, 35-40.

b) Monografías

Apellido(s), Inicial(es), año, Título de la monografía: Lugar de publicación, editorial, número de páginas. Ejemplo:

Faure, G., 1986, Principles of Isotope Geology: New York, John Wiley, 345 pp.

c) Capítulos en volúmenes editados

Apellido(s), Inicial(es), Año, Título del capítulo, en (Apellido e iniciales del editor o editores del volumen), (ed(s).), Título del volumen editado: Lugar de publicación, editorial, número de la primera y de la última página del capítulo. Ejemplo:

De Cserna, Z., 1968 Geología, en Lorenzo, J.L., De Cserna, Z., Herrera, I. (eds.): Las Ciencias Geológicas y su perspectiva en el desarrollo de México: México, Ediciones Productividad, 41-68.

**Los autores podrán enviar sus trabajos a:**

**Dra. Aurora M. Pat Espadas**

**Editora en Jefe de Nuestra Tierra**

**Estación Regional del Noroeste**

**Instituto de Geología, UNAM**

**Hermosillo, Sonora**

**nuestratierra@geologia.unam.mx**

