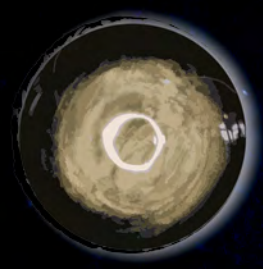
El océano: fundamental para el sistema climático del planeta
Elva Escobar Briones pág. 6

Historias del pasado contadas desde los esqueletos coralinos
Juan Pablo Carricart Ganivet / J.J. Adolfo Tortolero Langarica pág. 12



OBSIDIANA

Ciencia y Cultura por México

El océano y cambio climático

AÑO 1, NÚM. 7.
MÉXICO, OCTUBRE DEL 2023

OBSIDIANA
Ciencia y Cultura por México

Se nos adelantó la Estrella que guió con mano tersa la divulgación de la ciencia en México.

Tuvimos el privilegio de contar con su participación en nuestro Consejo Editorial, y nos deja un gran vacío.

Descanse en Paz.

Estrella Burgos

BÚSCANOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES

@Obsidianamx

@obsidiana_mex

@obsidiana_mex

En el próximo número de *Obsidiana* hablaremos sobre opioides.

¡No te lo pierdas! Disponible en:

Web: https://obsidianadigital.mx
PDF: https://issuu.com/obsidiana_mx

OBSIDIANA
Ciencia y Cultura por México

OCTUBRE 2023

contacto@obsidianadigital.mx

Fotografía de portada
Columna de agua viendo hacia la superficie junto al cantil del resto del volcán Roca Partida, archipielago Revillagigedo, en el Océano Pacífico Oriental Tropical.

Diseño de portada
Fernanda Massiel Reyes

Consejo Editorial

Presidente
José Franco

Estrella Burgos (†), Lamán Carranza Ramírez, Luz de Teresa, Luis Roberto Flores Castillo, Alejandro Frank, Azucena Galindo, Cinthya García Leyva, Marcia Hiriart, Alonso Huerta, Antonio Lazcano, Omar López-Cruz, María Nieves Noriega, Raúl Rojas, Pedro Salazar, José Seade, Marina Stavenhagen, Brenda Valderrama Blanco

Equipo Editorial

Lamán Carranza Ramírez
Dirección general
Sergio Lenoyr Lugo
Dirección editorial y contenidos
Luisa Fernanda González Arribas
Editora en jefe
Omar Hernández Godínez
Diseño e ilustración editorial

No. 7 Océano y cambio climático

Elva Escobar Briones
Editora invitada

CONTENIDO

2 Batalla oceánica por un futuro sostenible
Lamán Carranza

EMERGENTE

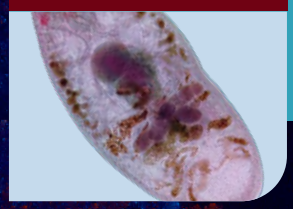
FRAGMENTOS

Océano y cambio climático, de lo local a la globalidad 4
Elva Escobar Briones

8 Ajeém: una historia trágica de contaminación por plásticos
Maribel Badillo-Alemán, Alfredo Gallardo-Torres y Xavier Chiappa-Carrara

ESPEJO

ESPEJO



Materia oscura biológica: los parásitos 10
Miguel Rubio Godoy

14 Hábitats costeros, defensas contra el cambio climático
Daniela Guadalupe Medina Euan, Tania Cecilia Cota Lucero y Jorge Alfredo Herrera Silveira

ESPEJO

ESPEJO

SOS: nuestro planeta se calienta 16
Dalila Aldana Aranda

18 La pesca en México: valor, riesgos y amenazas climáticas
Daniel B. Lluch Cota, Salvador E. Lluch Cota, Christian J. Salvadeo, Romeo Saldívar Lucio y Germán Ponce Díaz

ESPEJO

ESPEJO

Cambio climático, "asesino" de algas y corales 20
Héctor Reyes Bonilla

AMORFO

Arribazones de sargazo: aristas y perspectivas 22
Judith Rosellón Druker
Michelle Rosellón Hernández

TRANSLÚCIDO

Cambio climático, emergencia que requiere una solución a largo plazo: Amparo Martínez 24
Emiliano Cassani

TRANSLÚCIDO

Microplásticos se han convertido en el plato principal de los mexicanos: Carolina Ruiz 26
Emiliano Cassani

28 Cultura Oceánica desde las artes
Diana Maybeth Vega Salgado y Camila Loza Gómez

INTRUSIÓN

31 Sharon Herzka Llona: El reto de estudiar los mares mexicanos

REFLEJOS

BATALLA OCEÁNICA POR UN FUTURO SOSTENIBLE

Lamán Carranza
DIRECTOR GENERAL
@LamanCarranza @lamancarranza @lamancarranza

En el vasto horizonte de las costas mexicanas y continentales, se oculta un secreto que puede definir el destino de nuestro planeta. Con su inmensidad y misterio, los océanos son mucho más que inconmensurables extensiones de agua; son los pilares mismos de la vida en la Tierra, guardianes de nuestro clima y cronistas silenciosos de la historia de la humanidad.

Es por ello que para el séptimo número de *Obsidiana* nos empapamos a través de un viaje fascinante, pero crítico, hacia los océanos y el cambio climático; una aventura que nos sumergirá en las profundidades del mar y las costas de México.

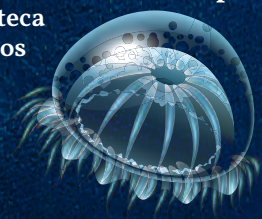
Esta edición es una grandiosa oportunidad para navegar en una ruta hacia la verdadera comprensión de la importancia de los mares en el correcto funcionamiento del sistema climático de nuestro planeta. Son un espejo de la Tierra que refleja y, muchas veces, magnifica los impactos de nuestras acciones.

Imaginemos al océano como el corazón de nuestro planeta, un órgano que bombea vida; desafortunadamente la acción humana lo coloca en un nivel alarmante de estrés. Elva Escobar nos brinda una visión clara: el océano es fundamental para regular el clima global, absorbiendo el calor y el dióxido de carbono. Es como el termostato del planeta, pero está sobrecargado.

A lo largo de nuestras playas, el plástico ha tejido una trágica narrativa de contaminación. Maribel Badillo, Alfredo Gallardo y Xavier Chiappa nos cuentan la triste historia de Ajeém, y de cómo este material sofoca la vida marina, pues cada botella o bolsa que usamos y tiramos impacta nuestros mares.

Por su parte, Miguel Rubio nos presenta la "materia oscura biológica": los parásitos que habitan en el océano. Estos microorganismos, que no podemos observar a simple vista, desempeñan casi siempre papeles benéficos para los ecosistemas.

Los corales y sus esqueletos, organismos de formas extraordinarias que son como pergaminos antiguos en una biblioteca submarina, son capaces de contarnos sucesos milenarios. Juan Pablo Carricart y J.J. Adolfo Tortolero nos narran cómo la esclerocronología permite leer estas historias, desenterrando secretos del pasado que nos advierten sobre los cambios actuales en los océanos.



Daniela Guadalupe Medina, Tania Cecilia Cota y Jorge Alfredo Herrera nos hablan de cómo los hábitats costeros son escudos naturales que defienden a las comunidades que viven junto a ellos. Son una muralla que nos protege de las tormentas.

> “Imaginemos al océano como el corazón de nuestro planeta, un órgano que bombea vida.

No obstante, alcanzamos un punto en el que las murallas pueden ser insuficientes, el llamado de auxilio resuena alto y claro. Nuestro planeta se calienta y lo hace como nunca, nos alerta Dalila Aldana. En México, las temperaturas extremas son una realidad cada vez más frecuente; los océanos cambian y esto afecta la vida de millones de personas que dependen de ellos para sobrevivir.

Los manglares, marismas y playas son tesoros ecológicos, pero su sustentabilidad está en peligro. Francisco Verdugo nos muestra cómo el cambio climático amenaza estas áreas vitales que son los guardianes silenciosos de nuestro litoral al actuar como filtros naturales que protegen las costas de inundaciones y tormentas.

En el noroeste de México, la pesca es una parte vital de la economía y la cultura. Daniel B. Lluch, Salvador E. Lluch, Christian J. Salvadeo, Romeo Saldívar y Germán Ponce nos revelan cómo el cambio climático está cambiando las reglas del juego: las capturas disminuyen y las comunidades costeras luchan cada día con mayor dificultad por sobrevivir.

Los arrecifes de coral, como los rascacielos de un mundo submarino, ofrecen refugio y sustento a una diversidad asombrosa de vida marina; al respecto, Héctor Reyes nos muestra cómo el cambio climático amenaza a estos ecosistemas frágiles y sus servicios ambientales esenciales.

Los datos son alarmantes: 80% de la contaminación marina proviene de fuentes terrestres y cada año, aproximadamente ocho millones de toneladas de plástico ingresan a los océanos, lo que afecta la vida marina y, en última instancia, a nosotros mismos. México no está exento de esta realidad, nuestras costas son afectadas por la contaminación plástica y la acidificación de los océanos.

El sargazo, ese fenómeno recurrente en nuestras costas, es como una advertencia, por ello, Judith Rosellón y Michelle Rosellón nos explican cómo su llegada masiva es un síntoma del cambio climático y la forma en la cual debemos abordar esta arista crítica.

La labor de Sharon Herzka motiva, con la esperanza de que jóvenes interesados en las ciencias marinas se unan a la comunidad de investigadoras e investigadores que estudian estos ecosistemas, para entenderlos, cuidarlos y ser proactivos.

El magnífico trabajo artístico de Diana Maybeth Vega y Camila Loza nos inspira. Ellas comparten su visión sobre la forma en que el arte y la cultura se entrelazan con los océanos, como recordatorio de que los mares son un tesoro cultural y natural.

Si los océanos son el latido de la Tierra, nos corresponde asegurarnos de que sigan latiendo fuerte y saludables. Cada acción, por pequeña que parezca, es como una gota en el océano, pero juntas, esas gotas pueden crear olas de cambio y consciencia.

La palabra humanidad viene de *humus*, que significa tierra, de donde también deriva la palabra humildad, que es la virtud de conocer nuestras propias limitaciones y debilidades.

Necesitamos recuperar una mirada de reverencia y asombro ante el milagro de la vida. Ver el mundo con ojos limpios, contemplar. Si no logramos re conectar con nosotros mismos y cuidar cada rincón del planeta como si se tratara de nuestro propio cuerpo, seremos los culpables de nuestro aniquilamiento.

ARACNIA

Innovar para crear un mejor futuro.

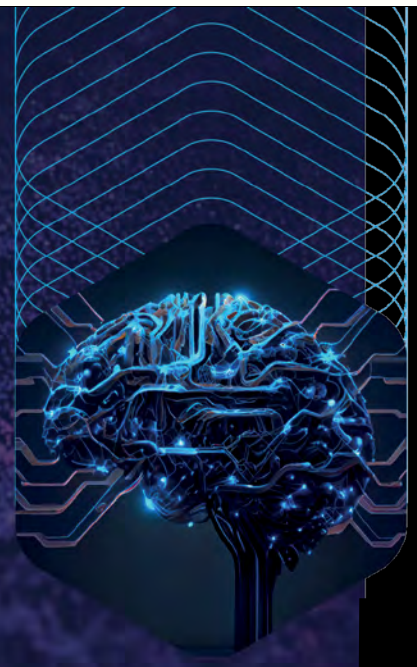
www.aracnia.info

En Aracnia estamos comprometidos a acelarar el crecimiento y la transformación de tu organización.

Nuestra red mundial de expertos te guiará en tu camino hacia el éxito, identificando oportunidades disruptivas y diseñando soluciones creativas y efectivas.

¡Atrévete a desafiar lo convencional y a liderar el futuro con nosotros!

Contáctanos ahora para comenzar a innovar juntos.



OCÉANO Y CAMBIO CLIMÁTICO, DE LO LOCAL A LA GLOBALIDAD

Elva Escobar Briones

DE ACUERDO CON EL GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS):

La tasa de **calentamiento del océano** se ha duplicado desde 1993.

El océano ha captado de **20 a 30%** de las emisiones de **CO_2** desde 1980.

Los pasados 100 años se perdieron **50%** de los **humedales costeros.**

La recuperación de **arrecifes degradados** requiere más de 15 años.

La captura **pesquera disminuirá** entre **20.5** y **24.1%** para fin de siglo.

La producción primaria **marina tropical se reducirá** entre **7** y **16%.**

Invertir en **protección costera** puede reducir riesgos por inundación en **2** a **3** órdenes de magnitud.

CON BASE EN PUBLICACIONES DE EXPERTOS DE MÉXICO, EL PAÍS:

- Cuenta con más de **10 mil km de costas** y **1.5** veces más **territorio marino.**
- Ocupó el puesto **16** en la **producción mundial** de captura **marina** con **1.31 millones** de toneladas métricas desembarque, en 2016.
- En 2018, **14.3%** de las poblaciones **pesqueras** estaban sobreexplotadas, **80%** explotadas al máximo y **5.7%** con potencial de expansión.
- El cambio climático **amenaza** la labor de **240 mil pescadores.**

SEGÚN DATOS DEL INSTITUTO DE RECURSOS MUNDIALES (WRI, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS):

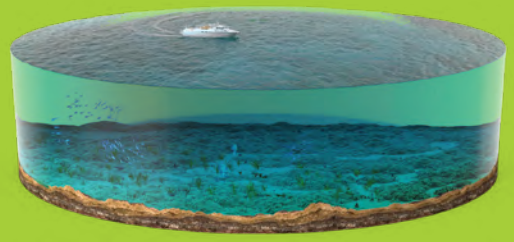
- El **océano** representa entre **71%** y el **97%** del agua del planeta.
- La tasa de **erosión en playas** por cambio climático fue **–7.3 m/año** entre 2010 y 2015.
- México cuenta con **2.7%** de todos los proyectos sobre **cambio climático** que inciden en la economía oceánica.
- **4%** de la superficie total del país está por debajo de los 10 m.s.n.m.* en zonas costeras habitadas por **10%** de la población total.
- La **pérdida de hábitat** para la sardina del Pacífico será de **50%** hacia fin de siglo.

*metros sobre el nivel del mar

EL OCÉANO: FUNDAMENTAL PARA EL SISTEMA CLIMÁTICO DEL PLANETA

Elva Escobar Briones @elva.escobar.90 ElvaEscobar6
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM

El mar siempre atrajo mi atención. Explorar sus vastas profundidades y comprender las variables que definen los patrones de la diversidad biológica reafirman la importancia del océano. Siempre, como mujer, encontré apoyo para para estudiar el océano y descubrir nuevos ecosistemas asociados a los fondos marinos.



Ocupa **71%** del área del planeta.

Profundidad promedio de casi **4 kilómetros.**

Ofrece **300 veces** más espacio para la vida y representa las reservas planetarias de calor, agua y dióxido de carbono (CO_2).

Es sustento para la vida y fue soporte para la evolución de la Tierra a lo largo de 3 mil 500 millones de años; actualmente representa servicios fundamentales para el bienestar de la sociedad mexicana, entre los que están el agua, el alimento, el oxígeno, la navegación, y el valor estético. Otros servicios que regulan el cambio climático son menos obvios, pero igual de importantes.

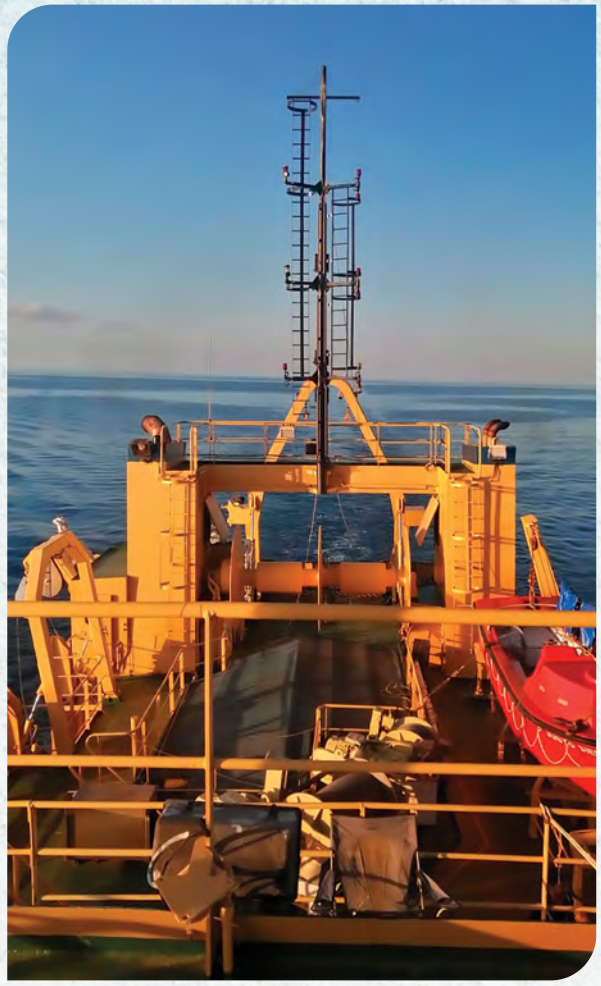
A pesar de ser el componente más importante del sistema climático, cuando se habla del cambio climático, la atención pública reconoce sus impactos en las grandes ciudades, pero el océano es el gran ausente de las noticias y, hasta recientemente, de los reportes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

El reconocimiento del papel que juega el océano en el planeta llegó tarde a la toma de decisiones y al financiamiento para estudiarlo y la regeneración de datos para pronósticos más robustos del cambio climático.

El océano absorbe el exceso de energía y, con ello, aminora y mitiga el calentamiento por el cambio climático; sin embargo, los oceanógrafos físicos reconocen que se ha calentado, lo cual modificará la distribución del calor y sal, con efectos en las diferencias de temperatura entre el continente y el océano, en la circulación y en la frecuencia de eventos extremos, como es la formación y trayectorias de ciclones tropicales.

¿Los resultados del calentamiento? El blanqueamiento del coral, el desarrollo y dispersión del sargazo pelágico, la disminución de pastos marinos, la pérdida de especies locales y el ingreso de especies invasoras.

Representa servicios fundamentales para el bienestar, como el alimento, el oxígeno, la navegación, y el valor estético.



Buque oceanográfico Justo Sierra.

El calentamiento afecta diversos procesos en el océano. Al ser éste el reservorio más importante en el ciclo del agua, sus características físicas definen los efectos del cambio climático, entre otros, el aumento del nivel del mar y con él, la erosión que amenaza a las comunidades costeras.

Cuando nadamos, buceamos o bajamos en vehículos autónomos tripulados al fondo marino nuestra estancia bajo el mar está limitada a la cantidad de aire que llevamos, valoramos este vital elemento. Las pequeñas algas fotosintéticas contribuyen desde el océano con dos terceras partes del oxígeno, esencial para la vida en el planeta, incluyendo la humana.

El calentamiento expande en el océano las zonas hipóxicas y anóxicas, y contribuye a la desoxigenación, como ocurre en el Pacífico oriental, que se extiende desde la costa a alta mar y de 25 a 1,500 metros de profundidad. Ésta, al igual que las zonas muertas asociadas a las desembocaduras de ríos, limita las actividades pesqueras.

Cada vez que bajo en el submarino a las profundidades y me asomo desde el portillo al exterior, veo la nieve marina, partículas que se depositan desde la superficie en el fondo marino, y recuerdo que la absorción de CO_2 por el océano ha ocurrido por millones de años.

El agua profunda del océano y el fondo marino almacenan y secuestran carbono disuelto y

particulado, respectivamente, que con apoyo de la microbiota y fauna, degradan, agregan, compactan y entierran. Esta es una importante función en la frontera agua-sustrato en el océano.

También algunas esponjas y corales de mar profundo que llegan a vivir más de 10 mil años secuestran carbono en sus tejidos y estructuras. En los últimos 200 años el aporte de CO_2 de origen antropogénico ha incrementado en la atmósfera y, con ello, la absorción de éste por el océano. Esto acidifica el agua de mar y tiene impacto en la vida marina (incluyendo, por supuesto, especies de importancia pesquera): en su crecimiento y talla, en su reproducción, en la disponibilidad de alimento, en las redes alimentarias y tiene, además, consideraciones éticas.

En general, desconocemos las consecuencias de la acidificación a gran escala del océano, el elemento central del sistema climático. El CO_2 emitido por la quema de combustibles fósiles y de bosques es absorbido, reciclado y transferido entre la atmósfera, el océano y la biosfera durante décadas o miles de años. Por lo anterior, estudiar la acidificación a gran escala requiere de la participación de varias generaciones.

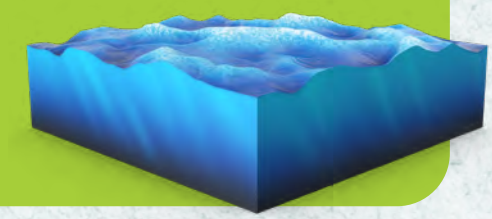
Predecir el cambio climático es una alta prioridad para el bienestar de la sociedad. El gran desafío para nuestro país es contar con observaciones de largo plazo del océano y con registros que trasciendan la lucha presupuestaria sexenal. Ya que los tiempos del océano son diferentes, se requiere urgentemente conocer su futuro, pues éste nos provee de alimento, oxígeno y agua al ciclo hidrológico.

Los pronósticos del cambio climático se alimentan de los datos de observaciones y mediciones en el océano para generar escenarios de prevención de riesgos, mitigación de los impactos y adaptación. Un número limitado de datos genera pronósticos con gran incertidumbre.

En México, los registros climáticos continuos datan de casi un siglo y medio, pero para el océano son desconocidos. En cada región contamos con observatorios costeros para el cambio climático, con 10 años de registros. Las mediciones de la reciente campaña llevada a cabo al centro del Golfo de México mostraron que la temperatura de la superficie del océano es más elevada que en años pasados.

Algunas participantes en la campaña SIGSBEE-23 a bordo del Justo Sierra. Fotografía por Omar Venegas.

El papel que juega el océano en el planeta llegó tarde a la toma de decisiones.



En nuestro país se presta poca atención al estado físico y a la salud del océano. Sin embargo, la ignorancia respecto a su estado no significa que los impactos no estén ocurriendo. Por ello son necesarias las observaciones continuas de largo plazo. El trabajo a bordo de los buques oceanográficos, en laboratorio y en salones de clase inspira a los jóvenes en las disciplinas que estudian el océano, e imbuye la importancia del océano para el cambio climático.

La investigación del océano tiene un costo elevado por lo que, para garantizar que ésta subsista, es necesario sumar esfuerzos entre instituciones de investigación con sectores de gobierno y empresas, para generar datos en la búsqueda conjunta de soluciones.

AJEÉM: UNA HISTORIA TRÁGICA DE CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS

Maribel Badillo-Alemán, Alfredo Gallardo-Torres y Xavier Chiappa-Carrara
LABORATORIO DE BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN, FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

maribaam@ciencias.unam.mx gallalf@ciencias.unam.mx xcc@ciencias.unam.mx

El Antropoceno es una unidad de tiempo geológico que, si bien no es reconocida universalmente[1], se utiliza para referirse al período actual de la historia de la Tierra. Se caracteriza por los cambios en el clima del planeta y las alteraciones a la biosfera debidas a la introducción y acumulación de materiales exógenos producidos por distintas actividades humanas.

En el periodo comprendido entre mediados del siglo XX y los inicios del siglo XXI, la huella humana en el planeta aumentó notablemente, con consecuencias, a veces catastróficas, sobre los ecosistemas de todo el mundo. Se ha caracterizado por la creciente producción y uso de plásticos que, en su mayoría, son polímeros orgánicos de alto peso molecular, sintetizados a partir de derivados del petróleo. La versatilidad de usos que tienen estos materiales y los costos reducidos de su producción han provocado su inevitable acumulación en el medio ambiente natural.

La contaminación por plásticos afecta a los sistemas de agua dulce, terrestres, atmosféricos y marinos. Además de la contaminación química, se han documentado los efectos nocivos que conlleva la ingestión de este tipo de materiales por muchos grupos de organismos[2], lo que incluso representa riesgos para la salud humana[3].

En un trabajo publicado recientemente[4] se indica que, por lo menos, unas mil 565 especies de organismos terrestres, dulceacuícolas y marinos ingieren plásticos. Estos organismos pertenecen a una amplia gama de grupos, por lo que los efectos directos relacionados con este consumo se manifiestan en muchas ramas del árbol de la vida.

A lo largo de la historia evolutiva de la vida en el planeta, los organismos se han enfrentado al desafío que significa discriminar qué acciones les son benéficas y cuáles perjudiciales. En el caso de los procesos de alimentación, reconocer a una presa potencial depende de las señales que percibe un individuo que lo llevan a aceptar o rechazar un tipo particular de alimento. Los costos de aceptar una mala opción o de rechazar una buena pueden ser tan grandes como poner en riesgo su propia vida.

Para los humanos la posibilidad de consumir plásticos resulta en una pésima opción alimentaria, pero existen ciertos cambios en las condiciones de la naturaleza que pueden modificar los hábitos de consumo de algunas especies con el aumento de la disponibilidad de plástico en el ambiente.

Por un lado, la presencia de bolsas de distintos tamaños, formas, colores y olores que emiten los desechos orgánicos que contienen, se convierten en señales que son malinterpretadas por algunos organismos. Por el otro, al haber un creciente número de desechos, crecen las probabilidades de que la fauna silvestre interactúe con esos residuos.

Al estudiar estos fenómenos con más frecuencia se hacen evidentes los efectos que conlleva el consumo de objetos de plástico, como lo muestra la historia de Ajeém. Éste es el nombre que recibió un cocodrilo habitante de las aguas pantanosas de la ciénega de Sisal, en Yucatán.

Ajeém es un cocodrilo híbrido de las especies *Crocodylus moreletii* (cocodrilo de pantano) y *C. acutus* (cocodrilo de río) ya que presenta características morfológicas de ambas especies. En su juventud, Ajeém seguramente tenía una coloración amarillenta con manchas negras y, conforme alcanzó la madurez, su coloración se tornó negra u obscura. Normalmente se alimenta de peces, mamíferos, anfibios, aves u otros reptiles y, cuando las presas escasean, se alimenta de carroña.

Por lo menos unas 1,565 especies de organismos terrestres, dulceacuícolas y marinos ingieren plásticos.

Hasta la década de los años setenta del siglo pasado, los cocodrilos que habitan en México fueron cazados desmedidamente para obtener su valiosa piel. Ello puso en peligro de extinción a varias especies, en particular al cocodrilo de pantano (*C. moreletii*). Ante esa alarmante situación, se estableció una veda para reducir la mortalidad de los cocodrilos mexicanos.

Esta medida, junto con otras acciones, como la reproducción en cautiverio y la creación de áreas naturales protegidas, contribuyó a la recuperación de las poblaciones[5]. A la fecha, tanto *C. moreletii* como *C. acutus* son especies que se encuentran

1 Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P. J., & McNeill, J. (2011). The Anthropocene: Conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, *369*(1938), 842-867. https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327

2 Bucci, K., Tulio, M., & Rochman, C. M. (2020). What is known and Unknown about the effects of plastic pollution: A meta-analysis and systematic review. *Ecological Applications*, *30*(2). https://doi.org/10.1002/eap.2044

3 Wright, S., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and human health: a micro issue? *Environmental Science & Technology*, *51*(12), 6634-6647. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423

4 Santos, R. G., Machovsky-Capuska, G. E., & Andrades, R. (2021). Plastic ingestion as an evolutionary trap: toward a holistic understanding. *Science*, *373*(6550), 56-60. https://doi.org/10.1126/science.abh0945

5 Sánchez Herrera, Ó., López Segurajáuregui, G., García Naranjo Ortiz de la Huerta, A., & Benítez Díaz, H. (2011). *Programa de monitoreo del Cocodrilo de Pantano (Crocodylus moreletii) México-Belice-Guatemala*. Conabio y Semarnat. http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/manualf_monitoreo_cocodrilo.pdf

sujetas a protección especial por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), mientras que *C. acutus* es considerada como una especie vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

A pesar de que las ciénagas, lagunas costeras, manglares y aguas pantanosas de la península de Yucatán son el hábitat de estas increíbles criaturas, muchos de estos ecosistemas son afectados por la contaminación y se han convertido en tiraderos de basura ilegales al aire libre. Así, los desechos plásticos son una nueva amenaza para los cocodrilos y otras especies.

Al sitio otrora prístino en el que vivió Ajeém, la basura llega de varias formas. Se utiliza la ciénaga como basurero, por usos y costumbres, y porque el sistema municipal de recolección de basura es deficiente. Los camiones que transportan la basura de Sisal a los rellenos sanitarios no son adecuados por lo que, durante los trayectos, pierden decenas de bolsas con basura que se esparce por la carretera y, eventualmente, llegan a la ciénaga.

Las personas que visitan este pueblo mágico, ya sea porque van a disfrutar la playa, el manglar o los cenotes, dejan basura diseminada por estos sitios. También hay desechos que provienen de otras zonas de la región e incluso de otras partes del mundo y que, arrastrados por las corrientes marinas, llegan a las costas de Yucatán.

Figura 1. Restos del cocodrilo Ajeém, híbrido de las especies *Crocodylus moreletii* (cocodrilo de pantano) y *C. acutus* (cocodrilo de río) en la ciénaga de Sisal, Yucatán. La gran cantidad de desechos plásticos que ingirió le obstruyeron el intestino, causándole la muerte (fotografía de Maribel Badillo Alemán).

Despertemos y cobremos conciencia: el planeta nos necesita.

Esta situación expone a la fauna silvestre a la muerte por ingesta de residuos plásticos que, al ser confundidos por comida, tienen múltiples efectos negativos. Entre ellos se han documentado deficiencias nutricionales, alteraciones fisiológicas y el deterioro de las funciones gastrointestinales. Esto fue lo que le ocurrió a Ajeém, quien consumió una gran cantidad de bolsas plásticas de basura que se encontró en la ciénaga. Las bolsas obstruyeron su tracto digestivo, provocándole una agonía lenta y dolorosa que, finalmente, lo llevó a la muerte (Figura 1).

Cocodrilos e individuos de otras especies están expuestos a seguir el mismo destino. La historia de la vida en nuestro planeta muestra que la selección natural y el aprendizaje son procesos que pueden ayudar a desarmar ésta que ha sido llamada una *trampa evolutiva*[6] porque, en otras circunstancias, diversificar los hábitos de consumo permitiría ampliar el espectro alimentario de una especie.

Sin embargo, se requiere de mucho tiempo para que estos mecanismos actúen y se reviertan las tendencias de decrecimiento demográfico que conlleva consumir materiales dañinos. Ello destaca la necesidad de implementar otras soluciones, basadas en la intervención humana para cambiar los hábitos de consumo a fin de reducir la presencia de contaminantes en nuestros ecosistemas y así conservar la fauna silvestre.

Ajeém, en lengua maya, significa "despierta". Nombrándolo así, hemos querido darle un significado a la muerte de este cocodrilo para que despertemos y tomemos conciencia de que el planeta nos necesita. Actuemos ante la crisis ambiental en la que nos encontramos y revirtamos la contaminación al evitar consumir plásticos de un solo uso, disponiendo apropiadamente de la basura que generamos y fomentando el reciclaje de varios tipos de desechos. Estas son algunas de las iniciativas urgentes puesto que ya fuimos alertados que la escala de las amenazas a la biosfera y todas sus formas de vida, incluida la humanidad, es tan grande que es difícil de comprender incluso para los expertos[7].

6 Santos, R. G., Machovsky-Capuska, G. E., & Andrades, R. (2021). Plastic ingestion as an evolutionary trap: toward a holistic understanding. *Science*, *373*(6550), 56-60. https://doi.org/10.1126/science.abh0945

7 Bradshaw, C. J. A., Ehrlich, P. R., Beattie, A. J., Ceballos, G., Crist, E., Diamond, J., Dirzo, R., Ehrlich, A. H., Harte, J., Harte, M. E., Pyke, G. H., Raven, P. H., Ripple, W. J., Saltré, F., Turnbull, C., Wackernagel, M., & Blumstein, D. T. (2021). Underestimating the challenges of avoiding a ghastly future. *Frontiers in conservation science*, *1*. https://doi.org/10.3389/fcosc.2020.615419

Conoce más de BioCon UNAM, Laboratorio de Biología de la Conservación que se enfoca en investigar comunidades acuáticas y en la conservación de la biodiversidad.

Encuéntralos en Facebook:

Encuéntralos en Instagram:

MATERIA OSCURA BIOLÓGICA: LOS PARÁSITOS

Miguel Rubio Godoy
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.

Todos hemos escuchado hablar de la materia oscura: una cantidad inmensa de partículas en el Universo que son invisibles pues no absorben, reflejan, ni emiten luz, pero cuyos efectos determinan en buena medida el funcionamiento del cosmos. En la biología hay algo muy parecido: los parásitos.

Estos organismos que varían de tamaño —desde los microscópicos virus hasta gusanos de algunos metros de largo—, también son imperceptibles para la mayoría de la gente por una razón muy sencilla: pasan buena parte de su ciclo de vida adentro de otros organismos (animales, plantas, hongos y bacterias) y, cuando no están adentro de alguien más, suelen estar libres como diminutas larvas infectivas, apenas visibles.

> “Cerca de la mitad de las especies del planeta se conforma por parásitos.

Al igual que la materia oscura en el cosmos, a pesar de que no siempre se vean, los parásitos ejercen importantes efectos en los ecosistemas y, aunque parezca sorprendente o increíble, ¡la mayor parte de estos efectos son benéficos!

Seguro suena descabellada esta afirmación, ya que generalmente pensamos en los terribles impactos negativos de las infecciones parasitarias sobre la salud humana, animal y vegetal. Hay casos muy severos como el de la malaria, que debilita y mata a millones de personas cada año. Es por ejemplos como éste y los innegables impactos médicos, veterinarios y agrícolas de algunos otros, que casi todos tienen una muy mala fama.

Si observamos bien y despacio, como lo hacemos los parasitólogos, se revelan cosas sorprendentes: no sólo que muy pocas especies de parásitos son realmente dañinas (únicamente 4% de ellas, pero el 96% restante comparte la mala reputación), sino que hay una cantidad asombrosa

Tabascotrema verai (Platyhelminthes: Trematoda), por Berenit Mendoza-Garfias (UNAM).

de parásitos en nuestro mundo: cerca de la mitad de las especies del planeta, para ser precisos.

Después de estudiar durante casi un siglo los peces de agua dulce en México, sabemos que hay 483 especies de parásitos que infectan a 361 de peces —sí, leíste bien: conocemos bastantes más especies de parásitos que de peces; y cada especie de pez, alberga a más de una de parásito— y así es la cosa para donde mires.

Como la materia oscura, si la mitad de las especies del planeta

son parásitas, su impacto debe ser inmenso y, justamente, se ha empezado a comprender que, salvo el infame 4%, los parásitos tienen importantes y benéficos efectos positivos sobre los ecosistemas y la salud.

Por ejemplo, a nivel ecosistémico, regulan las poblaciones de animales y plantas, estabilizan las cadenas alimenticias, remueven contaminantes del entorno, etc.; y al haber estado compitiendo con los sistemas defensivos de los animales desde hace millones de años, han contribuido a su evolución.

Actualmente sirven para "afinar" nuestro sistema inmune; se postula que diversos padecimientos "modernos" como las alergias, la diabetes tipo 2 y muchas enfermedades inflamatorias, ¡en realidad son consecuencia de un exceso de higiene y la consecuente falta de contacto con parásitos!

Un ecosistema sano tiene parásitos y lo opuesto también es cierto: un ecosistema sin parásitos, probablemente está dañado. Por ejemplo, si en un cuerpo de agua no encontramos gusanos en los peces grandes, quizás es porque ya faltan eslabones de la cadena alimenticia: desaparecieron los caracoles, pequeños crustáceos o peces chicos que el parásito usa como vehículo para llegar al pez grande.

Un ecosistema sano también está protegido contra patógenos invasores. Alrededor del puerto de Veracruz, en los humedales degradados, se han instalado los moscos invasores *Aedes egyptii* y *Aedes albopictus*, que transmiten enfermedades virales serias como dengue, Zika y Chikungunya; pero estos bichos no se han podido establecer en cuerpos de agua sanos —con todos los componentes del ecosistema intactos, incluyendo a los parásitos.

Nuestro impacto en los ecosistemas puede alterarlos profundamente e, incluso, llevarse de corbata a los parásitos. Como muestra, un par de botones marinos. Al modificar drástica y artificialmente la cantidad de peces disponibles en un lugar, la pesca comercial no sólo altera su funcionamiento ecológico (quién se come a quién; quién compite con quién, etc.), sino que de repente le cambia la jugada a los parásitos, para quienes los peces son su hábitat.

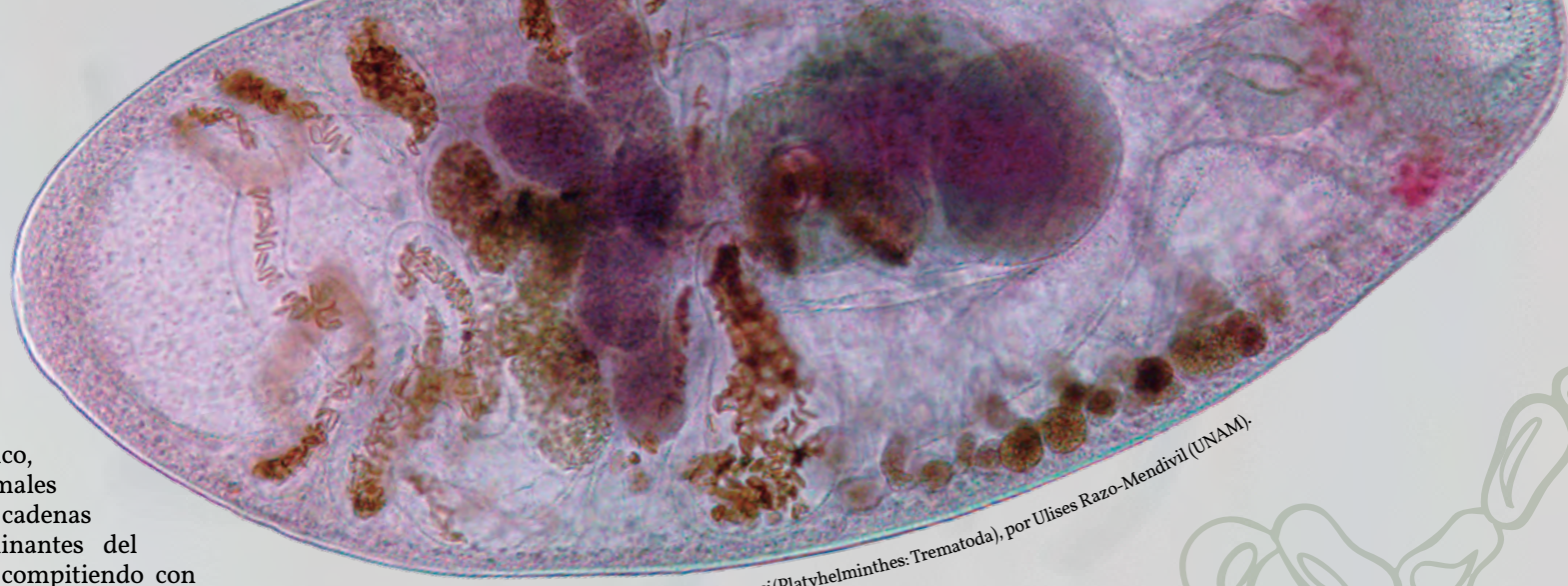
Si de pronto se quedan sin casa, pues —literalmente— los humanos la eliminaron, para sobrevivir, los parásitos deben mudarse de residencia, y eso trae consecuencias biológicas: primero, procurarán mudarse al mismo tipo de casa (otros individuos de la misma especie de pez). Fallando eso, intentarán encontrar algo parecido (especies de peces cercanas) y, si todo sale mal, colonizarán lo que puedan.

Claro está que los parásitos con ciclos de vida sencillos tienen ventaja; justo eso se ha visto en algunos atolones que han sufrido pesca excesiva, y que ahora tienen pocas especies de peces con algunos parásitos sobrevivientes. Otros no han sido tan suertudos: quizás el mejor ejemplo de la extinción de un parásito como consecuencia de la pesca excesiva del pez que lo alberga es el gusano *Stichocotyle nephropis*, que infectaba algunas especies de rayas en el Atlántico norte. Ahora es difícil encontrar (y pescar) a sus peces hospederos, pues están clasificados como en peligro de extinción, por lo que el parásito no ha sido avistado en décadas.

> "Pocas especies son dañinas: 4%. El resto comparte la mala reputación.

En buena medida, el Universo funciona por el equilibrio existente entre lo que vemos y la materia oscura —aunque no la podamos ver y apenas la empecemos a comprender. Con el planeta ocurre algo similar: por ejemplo, aunque no los veamos, dentro de los cachalotes medran gusanos como *Placentonema gigantissima*, que con sus ocho metros de longitud, ejercen un efecto importante sobre esos gigantes marinos.

Y, aunque quizás suene raro (por decir lo menos), si pretendemos conservar la riqueza biológica y el correcto funcionamiento de los ecosistemas que sustentan la vida en nuestro planeta, hay que considerar a los parásitos entre los organismos a incluir en el manifiesto de pasajeros del Arca de Noé.

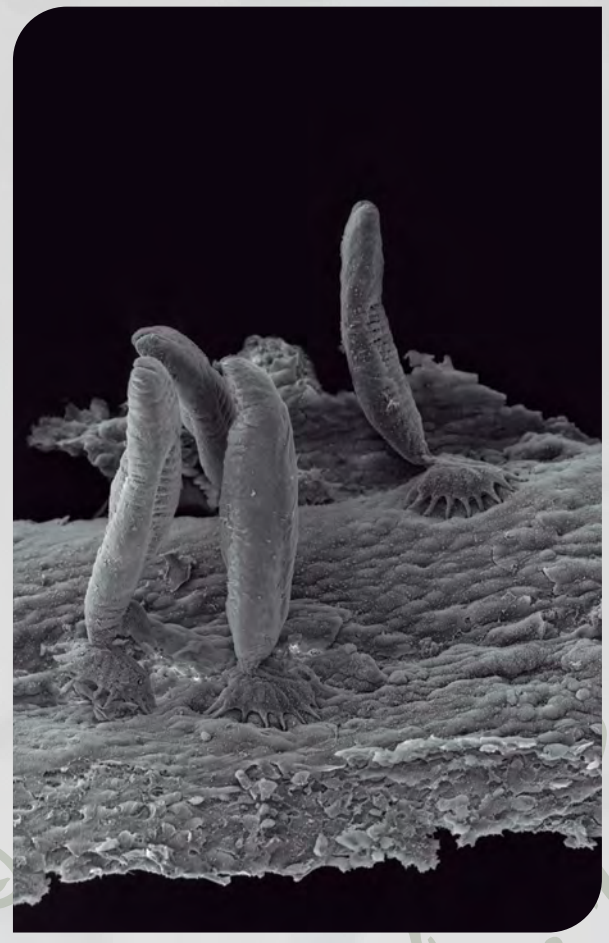


Tabascotrema verai (Platyhelminthes: Trematoda), por Ulises Razo-Mendivil (UNAM).

Referencias

García-Prieto, L., Dáttilo, W., Rubio-Godoy, M., & Pérez-Ponce de León, G. (2022). Fish–parasite interactions: A dataset of continental waters in Mexico involving fishes and their helminth fauna. *Ecology*, 103(12). https://doi.org/10.1002/ecy.3815

Rubio-Godoy, M. & Pérez-Ponce de León, G. (2023). Equal rights for parasites: Windsor 1995, revisited after ecological parasitology has come of age. *Biological Conservation*, 284: 110174.



Gyrodactylus salmonis (Platyhelminthes: Monogenea), por Greta Hanako Rosas Saito (INECOL).

HISTORIAS DEL PASADO CONTADAS DESDE LOS ESQUELETOS CORALINOS

Juan Pablo Carricart Ganivet
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM

J.J. Adolfo Tortolero Langarica
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM
INSTITUTO TECNOLÓGICO BAHÍA DE BANDERAS, NAYARIT

Desde el descubrimiento de los rayos X por el científico alemán Wilhelm Conrad Röntgen en 1895, las ciencias naturales y médicas han avanzado enormemente gracias a las herramientas que proporciona la radiología, la cual utiliza los rayos X para explorar desde el estado de salud de un individuo hasta un ecosistema completo.

> “Permite evaluar ecosistemas retrospectivamente y comprender la historia del clima en el pasado.

Figura 1. Organismos que construyen esqueletos de carbonato de calcio. De izquierda a derecha, especie de coral masivo, concha de bivalvo y alga coralina.

En el ámbito de las ciencias biológicas, la esclerocronología surge inicialmente del uso de radiografías para examinar organismos que generan esqueletos de carbonato de calcio o calcáreos, como las conchas bivalvos, corales y algas coralinas (ver Figura 1). Por lo tanto, esta rama de la biología se define como la ciencia que estudia la historia de vida de los organismos mediante el análisis de los esqueletos calcáreos formados durante su desarrollo y crecimiento.

La información obtenida no sólo permite reconocer la velocidad de crecimiento en términos temporales (años) y espaciales (localidades), sino que es fundamental para reconstruir las condiciones ambientales en las que vivieron dichos organismos.

Esta ciencia es análoga a la dendrología, la cual mide el crecimiento de los bosques usando los anillos de los árboles. Sin embargo, en el caso de la esclerocronología, el crecimiento se mide utilizando bandas de distintas densidades (alta y baja) que suelen ser evidentes al exponer el esqueleto calcáreo a la irradiación de rayos X (ver Figura 2).

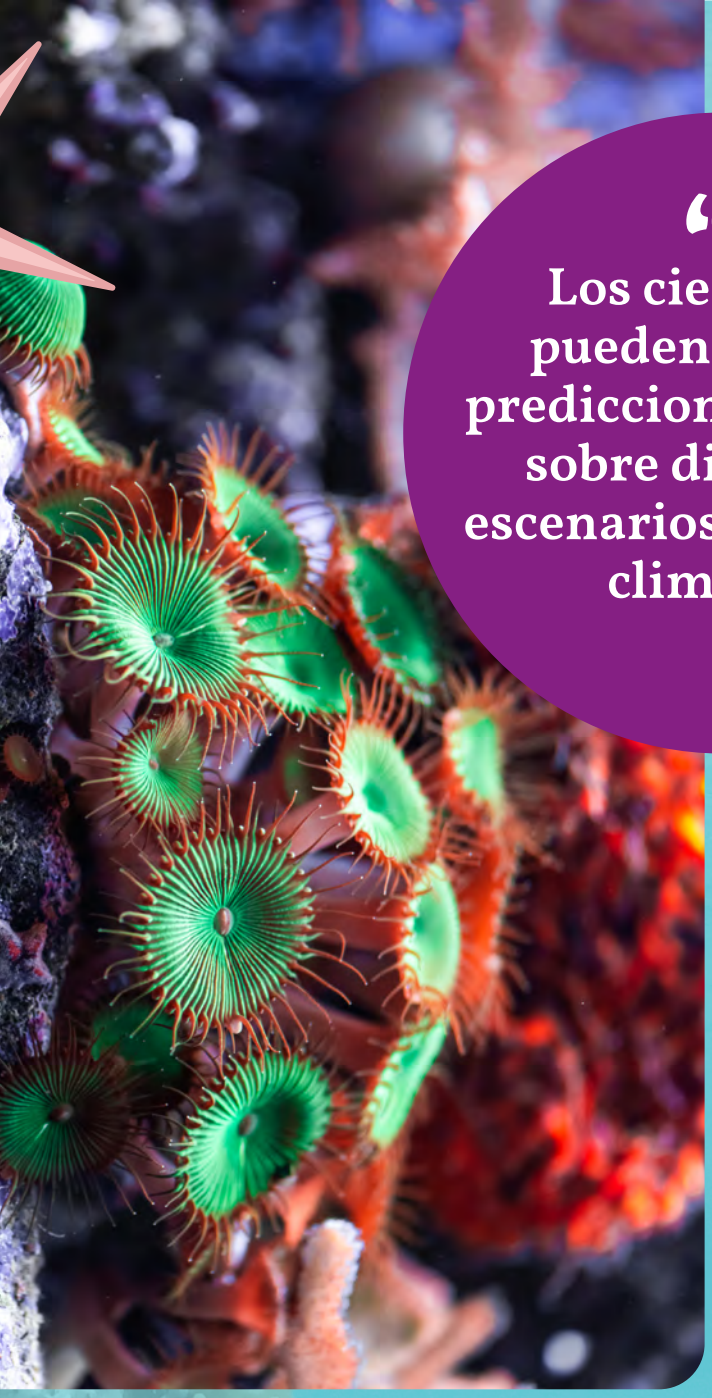
Figura 2. Negativo de imagen de radiografía de coral expuesta a rayos X. Se observan bandas de diferente densidad, alta densidad (bandas claras) y de baja densidad (bandas oscuras). Cada par de bandas representa un año de crecimiento.

En la actualidad, los ecosistemas naturales como bosques, selvas, cuerpos hídricos (ríos, lagos y lagunas), los manglares, las dunas costeras y los arrecifes de coral, se enfrentan a varios agentes perjudiciales que amenazan su permanencia y la supervivencia de su diversidad. A partir de la revolución industrial del siglo XX, las evidencias científicas muestran que las trayectorias de los ecosistemas naturales van en declive debido a impactos relacionados con efectos del rápido cambio del clima.

Desde un punto de vista antropocéntrico, mantener y conservar estos ecosistemas es crucial debido a la gran cantidad de bienes y servicios que proveen a nivel global y que sostienen la economía. La esclerocronología, junto con los trazadores isotópicos y geoquímicos (paleoclimatología), nos brinda una oportunidad para evaluar retrospectivamente estos ecosistemas y comprender mejor la historia del clima en el pasado, identificando la respuesta de los organismos constructores de éstos ante los diversos cambios que han enfrentado a lo largo del tiempo.

Con esta información, reflejada en los esqueletos calcáreos, podríamos obtener pistas o señales de qué especies han sido más afectadas y cuáles otras han podido aclimatarse y, basándonos en esto, proponer estrategias y políticas de conservación que ayuden a enfrentar los embates del acelerado cambio ambiental.

Por ejemplo, los ecosistemas de arrecifes coralinos son reconocidos por su gran belleza escénica y la diversidad de especies que los conforman. Estos ecosistemas son construidos principalmente por corales duros, también llamados hermatípicos (ver Figura 3), los cuales mantienen una relación



favorecida (simbiótica) con una comunidad de algas, bacterias y hongos.

Debido a que algunos corales de arrecife suelen formar bandas de crecimiento y vivir por mucho tiempo (años, décadas o, incluso, siglos) es posible reconstruir su historia de vida y su respuesta ante las condiciones ambientales del pasado. Todo comenzó en 1972, cuando los científicos David W. Knutson, Robert W. Buddemeier y Stephen V. Smith encontraron bandas de radiactividad causadas por estroncio en los esqueletos de corales, las cuales se relacionaban con series específicas de pruebas nucleares. Este descubrimiento permitió identificar patrones de bandeo anual en corales y, con ello, el nacimiento de la esclerocronología. Hasta el día de hoy investigadores de todo el mundo utilizan esta herramienta para evaluar la tasa o velocidad de crecimiento a largo plazo de los ecosistemas arrecifales.

La esclerocronología no sólo nos permite identificar los años de crecimiento, sino también nos ayuda a obtener parámetros y características de crecimiento como la tasa de extensión (crecimiento vertical), la densidad del esqueleto (peso relativo) y la tasa de calcificación anual, que mide la cantidad de carbonato depositado por unidad de área durante un año.

> “Los científicos pueden realizar predicciones a futuro sobre diferentes escenarios de cambio climático.

Adicionalmente, la esclerocronología nos proporciona información cronológica y patrones sobre las condiciones ambientales y a lo largo del tiempo, desde años hasta milenios. Gracias a esta información los científicos pueden realizar predicciones a futuro sobre diferentes escenarios de cambio climático.

En México, la investigación de los arrecifes de coral comenzó a finales de los años 70, una época en la que había pocos especialistas dedicados a la evaluación de estos valiosos ecosistemas. Entre los pioneros de la investigación de los arrecifes se encontraban los doctores José D. Carriquiry, Luis E. Calderón Aguilera, Héctor Reyes Bonilla, Guillermo Horta Puga y Gerardo Leyte Morales, quienes utilizaban técnicas modestas para estudiar y evaluar la condición de los arrecifes.

Sin embargo, fue a finales de los años 90 cuando comenzaron a utilizar la esclerocronología y los esqueletos de coral como indicadores de la condición de los arrecifes. El Dr. Juan Pablo Carricart Ganivet fue uno de los primeros investigadores en emplearla en nuestro país, y sus estudios representaron un avance significativo para la investigación de los arrecifes de coral.

En la actualidad, la esclerocronología sigue siendo una herramienta importante en la investigación de sistemas arrecifales, y se utiliza en muchos centros de investigación en todo México (Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones Científicas de Educación Superior de Ensenada, Universidad de Guadalajara, Tecnológico de Bahía de Banderas y la Universidad Autónoma Metropolitana).

Adicionalmente, se han incorporado otras técnicas como la densitometría óptica (radiografías digitales), la tomografía y microtomografía digital, y la actual fotogrametría, que han modernizado la investigación de los arrecifes de coral y brindan mejores herramientas científicas con el fin de preservar y mantener a largo plazo estos icónicos ecosistemas.

Con los estudios que se han realizado en arrecifes mexicanos, sabemos ahora que el aumento en la temperatura del mar superficial ha causado una disminución en la tasa de calcificación de varias especies de coral y que, para aquellas especies dióicas, es decir que tienen sexos separados, el efecto deletéreo es principalmente en los corales hembra.

También que las descargas de aguas residuales, producto del desarrollo costero en el Caribe mexicano han quedado registradas en los esqueletos de una de las principales especies constructoras de arrecifes en el Caribe, *Orbicella faveolata*. Esto podrá ser una herramienta importante en la toma de decisiones para el manejo integral de la zona costera y los arrecifes coralinos.

Figura 3. Ambiente natural de un arrecife coralino del caribe mexicano compuesto por diferentes especies de coral hermatípico o duro.

Daniela Guadalupe Medina Euan, Tania Cecilia Cota Lucero y Jorge Alfredo Herrera Silveira
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

HÁBITATS COSTEROS, DEFENSAS CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

daniela_medina96@hotmail.com tania.cota@cinvestav.mx jorge.herrera@cinvestav.mx

Hace tiempo, durante un viaje a Dzilam de Bravo, Yucatán, observamos "arbustos", "zacate" y un cierto color en el agua de la costa. Luego de estar en contacto con estos elementos por varios días surgió una duda: ¿acaso tienen alguna función? Años después, estudiamos biología y entendimos la importancia de los ecosistemas costeros.

Éstos proveen servicios ambientales (Figura 1) y están ubicados en los límites entre la tierra y el mar. En zonas tropicales están conformados por manglares (lo que años atrás identificamos como "arbustos"), pastos marinos (lo que a nuestros ojos inexpertos era "zacate"), macroalgas y, en la columna del agua, se conforman por el fitoplancton (aquel "color en el agua" que llamaba nuestra atención). Estos ecosistemas están interconectados por el sistema hidrológico (superficial o subterráneo).

Los manglares son árboles y arbustos distribuidos en regiones tropicales y subtropicales, adaptados para vivir en ambientes inundados (temporal o permanentemente). La estructura del manglar está determinada por la hidrología, nutrientes, sedimento y la salinidad del agua.

Contiguo a los manglares, están los pastos marinos: plantas submarinas que producen flores y están fijas al suelo por medio de un sistema de rizomas y raíces. Además, comparten sustrato con macroalgas que también son organismos fotosintéticos, pero no tienen raíces, ni generan flores. Su distribución espacial está en función de la disponibilidad de luz, nutrientes, salinidad y temperatura en la columna de agua.

> "La actividad humana trae como consecuencia la degradación de estos hábitats.

En lo que respecta al fitoplancton, se trata de plantas microscópicas (microalgas) no visibles a simple vista cuya identificación requiere el uso del microscopio. Se compone por grupos que se diferencian en tamaño, pigmentos fotosintéticos (clorofilas), etc. Entre los más importantes están las diatomeas y los dinoflagelados (Figura 2).

Estos grupos son los principales productores primarios de los ambientes marino-costeros, e intervienen en la regulación de gases atmosféricos como el dióxido de carbono (CO_2). Producto de la respiración biológica y de la quema de combustibles fósiles (gas, petróleo, cemento, etc.), el CO_2 es inorgánico y en altas concentraciones resulta tóxico para los seres vivos.

Dado que estas materias primas son esenciales para subsistir en nuestra vida cotidiana, las emisiones de CO_2 han incrementado y llegan a la atmósfera, lo que acelera los efectos del cambio climático: aumento en la temperatura, derretimiento de glaciares, pérdida de biodiversidad, variaciones en los patrones de precipitación y aumento en los eventos hidrometeorológicos en todo el mundo.

Para reducir los efectos del cambio climático, se ha planteado estudiar el papel de los ecosistemas costeros como sumideros de CO_2 en forma de Corg, conocido como "carbono azul". De la misma manera en la que lo hace cualquier planta, estos organismos llevan a cabo la fotosíntesis (para elaborar su propio alimento, crecer y reproducirse), proceso mediante el cual los productores primarios capturan CO_2 que pasa de forma oxidada a forma reducida en carbohidratos (C_{org}).

Para realizar la fotosíntesis, se necesita la presencia de luz solar, CO_2, agua (H_2O) y pigmentos (clorofila-*a*), los cuales le proporcionan su color verde. El C_{org} es almacenado como células, hojas y raíces (biomasa viva). Como producto secundario y no menos importante, generan más del 50% del oxígeno que respiramos.

Figura 1. Servicios ambientales de los hábitats costeros.

Es importante mencionar que, además de la fotosíntesis, también respiran y producen CO_2 que vuelve a la atmósfera. Al morir, los tejidos de estos organismos se convierten en materia orgánica que se acumula en los sedimentos y suelo, donde finalmente es degradada por microorganismos y almacenada en forma de Corg enterrado durante décadas o milenios, llegando a ser hasta 18% del carbono que se almacena el océano.

Estos microorganismos, que viven en el suelo, influyen en el flujo de CO_2 a la atmósfera mediante la respiración y la producción de

Manglar

Pastos marinos

Macroalgas

Fitoplancton

Figura 2. Grupos presentes en los hábitats costeros. Fuente: Laboratorio de Producción Primaria-CINVESTAV. Autores: Tania C. Cota Lucero, Fanny Merino Virgilio, Silvia A. Ramirez-García.

metano, principalmente cuando sus ecosistemas están degradados.

El Laboratorio de Producción Primaria (LPP) del Cinvestav-Mérida[1] estudia estos hábitats costeros y genera datos, información y conocimiento del almacén y flujo de carbono, lo cual permite mejorar las estrategias de manejo de estos ecosistemas como áreas naturales protegidas (ANP), y obtener datos precisos que ayuden a reducir los efectos del cambio climático. Uno de los sitios de monitoreo es la reserva Estatal de Dzilam de Bravo, la cual se encuentra en la costa norte de la Península de Yucatán.

Con datos generados en el LPP se realizó un perfil de captura de CO_2 y almacén de C_{org} de estos hábitats en Dzilam de Bravo (Figura 3). El ecosistema que captura más CO_2 es el manglar (5.5 Mg CO_2 ha-1 año-1), también tiene mayor almacén de C_{org} (74%), el 53% contenido en el suelo y 21% en su biomasa viva.

Los pastos marinos almacenan el 26.9% de carbono, entre su biomasa aérea y subterránea (0.9%) y el sedimento (26%). El fitoplancton tiene menor almacén con < 0.001%, sin embargo, su importancia está en los flujos de CO_2 (captura-emisión) debido a sus altas tasas de reproducción. Este carbono almacenado equivale a las emisiones generadas por 10 mil 363 personas en un año, convirtiendo a estos hábitats en guardianes del cambio climático.

Si bien los manglares, pastos marinos, macroalgas y el fitoplancton son importantes para la producción de oxígeno y disminución del CO_2 en la atmósfera, se encuentran en constante riesgo. La actividad humana como la contaminación del agua, el cambio de uso del suelo (construcción de hoteles en zona de manglar, por ejemplo), los daños físicos ocasionados al pasto marino por las hélices de las lanchas, etc. trae como consecuencia la degradación de estos hábitats, la reducción de provisión de servicios ambientales a las comunidades costeras, así como impactos negativos en la seguridad alimentaria y salud.

Esta degradación de hábitats críticos (se ha degradado más del 30% de manglares y pastos en el mundo durante los últimos 20 años) es preocupante, ya que por estos impactos directos se emite CO_2 que acelera el cambio climático, convirtiéndose en un proceso de retroalimentación negativa.

Debido a que gran parte del C_{org} producido por estos grupos es consumido y respirado por otros organismos, estos hábitats desempeñan un papel importante en las redes tróficas y los ciclos biogeoquímicos; por lo que, cualquier disminución o cambio en la dominancia natural de las especies de esta comunidad, puede afectar negativamente en el equilibrio de los ecosistemas marinos y costeros. Para mitigar este problema se están implementado proyectos de investigación básica y aplicada de restauración de ecosistemas, en particular de los manglares, en colaboración con la Dra. Claudia Teutli de la Escuela Nacional de Estudios Superiores de la UNAM en Mérida.

Lecturas recomendadas

Cota-Lucero, T. C y Herrera-Silveira, J. A. (2021). Seagrass contribution to blue carbon in a shallow karstic coastal area of the Gulf of Mexico. *PeerJ*, *9*, e12109.

Medina-Euán, D. G. (2019). *Variación espacio-temporal del fitoplancton en Dzilam de Bravo (Yucatán, México)* [Tesis de licenciatura]. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. 45 pp.

Moreno-Martínez, A. (2022). *Captura de carbono en suelo superficial de manglares restaurados en ambiente kárstico en la costa Norte de Yucatán* [Tesis de Maestría]. Departamento de Recursos del Mar, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Mérida, Yucatán. 159 pp.

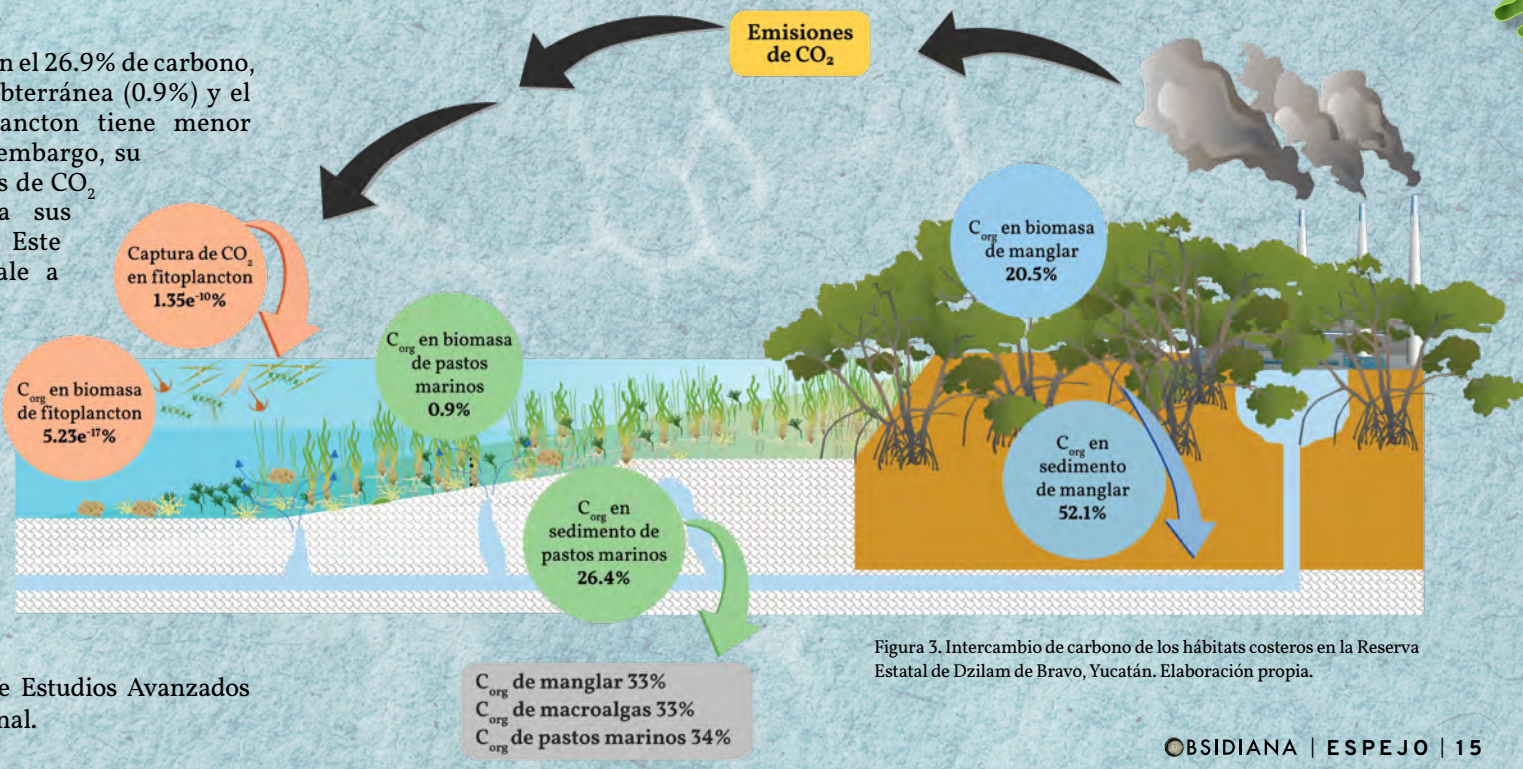


Figura 3. Intercambio de carbono de los hábitats costeros en la Reserva Estatal de Dzilam de Bravo, Yucatán. Elaboración propia.

1 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

SOS: NUESTRO PLANETA SE CALIENTA

Dalila Aldana Aranda
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
daldana@cinvestav.mx @dalila.aldanaaranda

Reflexionemos en el tiempo: hace 15 mil millones de años se formó el Universo y hace 4 mil 500 millones, la Tierra. Cuatro billones de años atrás, comenzó la vida en muchas de sus formas. De esas, algunas se extinguieron (como los dinosaurios) y otras han evolucionado, formando la gran biodiversidad que habita nuestro planeta. En ese camino de evolución, el *Homo sapiens,* única especie de los homínidos que aún perdura, apareció hace 100 mil años. Por lo que la madre Tierra tiene 20 mil veces más años de "experiencia" que nosotros.

En las últimas décadas, las actividades y modelos de producción de alimentos, bienes y servicios han modificado como nunca a la naturaleza, contaminándola y cambiando el clima. Incluso la química de los océanos se ha visto afectada, de ahí los afloramientos de sargazo o las mareas rojas producidas por una especie del fitoplancton.

> "La producción de alimentos, bienes y servicios ha modificado la naturaleza, contaminándola y cambiando el clima.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible reconoce que el mayor desafío del mundo es la erradicación de la pobreza y el hambre, y que ésta no puede lograrse sin un desarrollo sostenible, justo e inclusivo y con medidas contra el cambio climático.

Los eventos climáticos son cada vez más frecuentes y extremos. Ante ello, los países se han comprometido a limitar el aumento de la temperatura de nuestro planeta. A saber, que por cada grado que aumenta la temperatura, la producción de cereales se reduce un 10%, y se pierde un millón de kilómetros cuadrados de hielo del Ártico cada decenio, lo que se traducirá en una elevación significativa del nivel del mar para 2100 y, con ello, muchas ciudades costeras quedarán inundadas.

Las pérdidas anuales promedio por catástrofes climáticas son de miles de millones de dólares y, entre 2000 y 2018, costaron la vida a más de un millón de personas. Nos quedan 10 años para frenar el calentamiento global, no sólo con políticas y acuerdos de gobiernos, sino con acciones cuya base sea la educación ambiental, sobre todo para adultos, que representan la franja económica-activa, y cuyo modelo y hábitos de consumo deben cambiar.

América Latina y el Caribe se encuentran entre las regiones más desafiadas por los eventos hidrometeorológicos. Entre 1998 y 2020, los sucesos relacionados con inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor provocaron la pérdida de 312 mil vidas y afectaron directamente a más de 277 millones de habitantes, representando 93% de todos los desastres que ocurrieron durante este período.

El incremento en las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) durante el último siglo ha producido cambios en los océanos, aumentando su temperatura y acidificando el mar. En el caso particular del Caribe, la temperatura ha aumentado 1.4°C durante el último siglo, y se estima que ésta ascienda a 32°C para el 2100 (Chollett et al., 2012).

Respecto a la acidificación de los océanos, el valor del pH (que es la medida utilizada para medir el grado de acidez de una disolución acuosa) podría descender de 8.1 a 7.6 para el 2100 (Caldeira & Wickett, 2003), dañando severamente a los arrecifes coralinos y a todos los organismos que poseen una concha, como caracoles, esponjas, erizos, estrellas de mar, entre otros (Sale et al., 2010). Estos cambios afectan la abundancia y distribución de las especies, y su supervivencia. Por ejemplo, biólogos marinos del Cinvestav han trabajado en bio ensayos con el caracol rosa del caribe, y han descubierto que la formación de su concha tendrá 50% menos calcificación para el

Figura 1. Representación gráfica de los impactos derivados del cambio climático.

año 2100 y habrá 30% más mortalidad asociada al aumento de temperatura.

El clima está cambiando

Es común que los ciudadanos señalen que el clima ya no es como era en la época de nuestros papás o abuelos. Y tienen razón. Del 2020 al 2023, en México se han vivido inundaciones y sequías extremas, invasión de sargazo, huracanes muy frecuentes y calor extremo.

La Tierra ha pasado por muchos períodos y cambios a lo largo de millones de años. Durante estas variaciones, ha habido épocas muy frías con grandes extensiones de hielo, como sucedió hace unos 10 mil años, en el Paleolítico. Sin embargo, lo que marca la diferencia es la escala del tiempo; en la actualidad, el aumento de la temperatura sucede en sólo decenas de años.

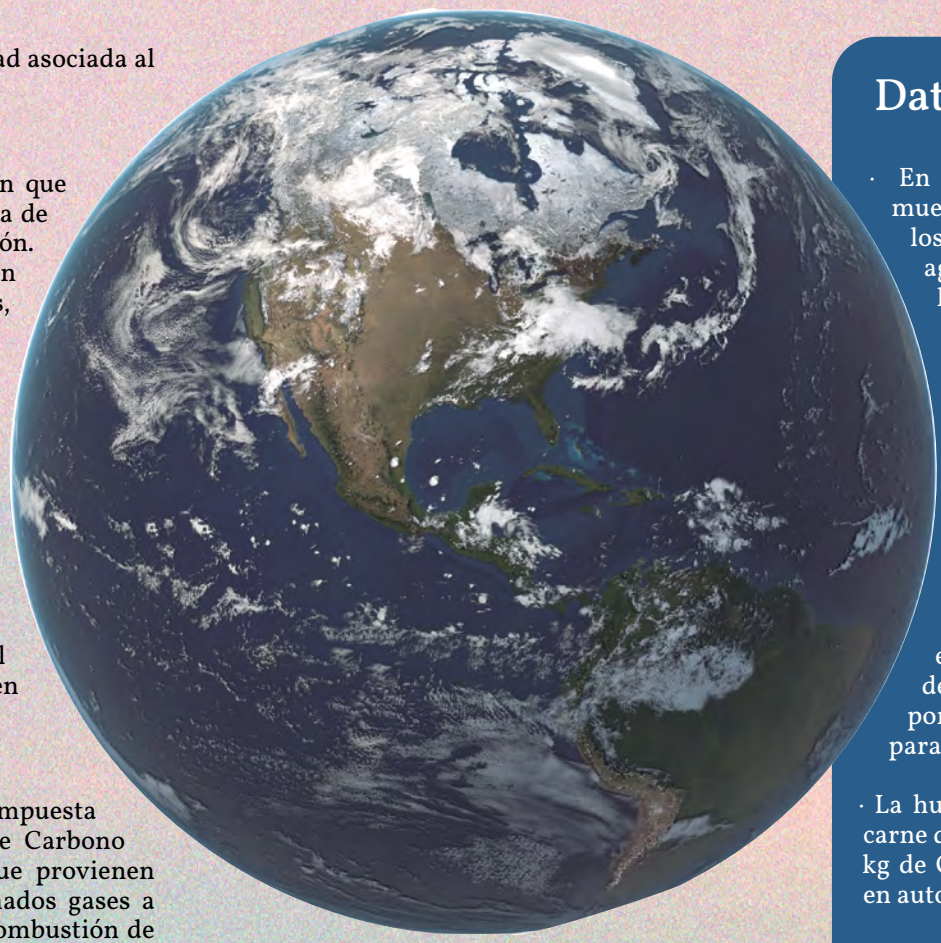
El efecto invernadero

La Tierra tiene una atmósfera compuesta por Nitrógeno, Oxígeno, Dióxido de Carbono y Ozono, además de otros gases que provienen de la actividad volcánica y los llamados gases a efecto invernadero, producto de la combustión de materiales fósiles como el petróleo, gas y gasolina, propios a la actividad humana.

Estos combustibles son quemados para producir energía, para que funcionen máquinas utilizadas en la ganadería, la agricultura, la manufactura de ropa, muebles, electrónicos, etc. La acumulación de esos gases en la atmósfera retiene el calor de la radiación solar y las actividades humanas, siendo éste el efecto invernadero. Dicho calentamiento también modifica la temperatura de los mares, cambiando la densidad del agua marina y, con ello, la velocidad y trayectoria de las corrientes. Una de esas corrientes ha desplazado el sargazo desde el mar de los sargazos hacia el Caribe.

Algunas actividades humanas que producen gases a efecto invernadero son la tala de bosques y selvas, el transporte, la generación de electricidad y el

El incremento en las emisiones de CO_2 ha modificado los océanos, aumentando su temperatura y acidificando el mar.



bombeo de agua. El consumo de energía, agua y carne de res son las actividades que producen más gases a efecto invernadero.

El turismo, si bien es una fuente de economía y empleos, también impacta al cambio climático. Por eso es importante elegir destinos turísticos a menos de 1,000 km de distancia de nuestro hogar, para usar el transporte terrestre.

Los impactos derivados del cambio climático son (ver Figura 1):

- Migración de animales
- Derretimiento de los casquetes polares y glaciares
- Elevación del nivel del mar
- Contaminación por gases a efecto invernadero
- Blanqueamiento de corales
- Sequías
- Inundaciones
- Incendios
- Problemas de salud por aumento de enfermedades transmisibles
- Disminución en la producción de alimentos agrícolas y de ganadería

Los humanos generamos la mayor parte de gases a efecto invernadero con nuestro consumo y desperdicio de agua, alimentos y bienes que compramos sin necesidad. Ninguna otra especie tiene aire acondicionado o se transporta en auto para desplazarse. Algunos animales tienen migraciones de miles de kilómetros, pero lo hacen con la fuerza de sus músculos y su propia energía.

Esta es una invitación a la reflexión, para ser cuidadosos con nuestros desplazamientos y siempre pensar en cómo llevarlos a cabo para generar la menor cantidad posible de gases a efecto invernadero. Usemos menos el auto, hagamos viajes compartidos o en transporte colectivo. Mejor aún, caminemos o usemos bicicleta.

También debemos elegir alimentos que sean de la localidad en la que vivimos y de temporada, lo cual reduce considerablemente las emisiones de CO_2. ¿Qué ajustes has hecho en tu vida para disminuir el calentamiento de nuestro planeta?

Datos para reflexionar

· En el Golfo de México hay una zona muerta de 23 mil km² a causa de los fertilizantes utilizados en la agricultura, que son arrastrados por los ríos a esta parte del océano.

· El Caribe es el segundo mar más contaminado por plásticos; esto se debe a que la basura, en los países de esta zona, no va a sitios asignados y a que más del 80% de las aguas residuales se vierten al mar sin tratamiento.

· Las floraciones del sargazo que han inundado al Caribe se deben, entre otras cosas, a la gran cantidad de agroquímicos que llegan al Caribe por la deforestación del Amazonas para la cría de ganado.

· La huella hídrica para producir 1 kg de carne de res es de 15 mil litros de agua y 21 kg de CO_2, equivalente a 515 km de viaje en auto.

· Las excretas de ganado producen casi una cuarta parte de todas las emisiones de metano de la Tierra. Si reducimos la ingesta de carne, disminuiremos el calentamiento de nuestro planeta.

· Si se aumenta la temperatura de un aire acondicionado en 2°C se dejan de producir 900 kg de Dióxido de Carbono al año.

· Si se cambia un foco incandescente por uno ahorrador se reduce en 68 kg la producción de CO_2.

LA PESCA EN MÉXICO: VALOR, RIESGOS Y AMENAZAS CLIMÁTICAS*

Daniel B. Lluch Cota (1), Salvador E. Lluch Cota (1), Christian J. Salvadeo (2), Romeo Saldívar Lucio (3) y Germán Ponce Díaz (4)
1. CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C. / 2. CONAHCYT - UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR / 3. CONAHCYT - CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, UNIDAD LA PAZ / 4. CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

La pesca es una de las principales actividades productivas primarias en el mundo; genera unos 90 millones de toneladas de alimentos cada año y emplea a alrededor de 38 millones de personas. A diferencia de otras actividades primarias, como la agricultura y la acuicultura, depende de las poblaciones silvestres de las diferentes especies de captura, y es por ello más sensible a los cambios ambientales en los ecosistemas acuáticos.

México ocupa el puesto 16 a nivel mundial en producción pesquera, con alrededor de 2 millones de toneladas anuales, y esta actividad emplea a unas 160 mil personas. Alrededor del 80% de las capturas proviene de la costa del Pacífico, principalmente del Golfo de California y la costa oeste de la Península de Baja California, donde se obtienen grandes volúmenes de camarones, sardinas, atunes y calamar gigante, así como capturas menores pero muy valiosas de abulones, langostas y almejas. Para muchas comunidades costeras, la pesca es fundamental.

Ello es posible por ciertos procesos oceánicos particulares; por ejemplo, los vientos noroestes, que normalmente soplan a lo largo de la costa occidental de la península y continental del Golfo de California, mezclan el agua del océano de manera que los nutrientes del fondo llegan a la superficie, lo que permite el desarrollo de grandes cantidades de microalgas que son la base alimenticia de otras especies.

No obstante, existen otros procesos naturales que afectan a los ecosistemas marinos de la región. Tal es el caso de los eventos de El Niño, que en algunos años generan calentamiento del océano y colapsan la productividad de microalgas, afectando a la fauna marina en general. Más aún, hay otros ciclos naturales como la Oscilación Decadal del Pacífico, que alterna calentamientos y enfriamientos que se prolongan de diez a treinta años, y que tienen efectos de más largo plazo en la distribución y supervivencia de la fauna marina.

Hay una gran preocupación por cómo los ecosistemas marinos son afectados por el calentamiento global, un cambio a largo plazo debido a la quema de combustibles fósiles y la emisión de gases, como el bióxido de carbono, que atrapan el calor en la atmósfera. Este calentamiento global explica que, en diversos lugares de los océanos del mundo, se observen incrementos sostenidos de la temperatura.

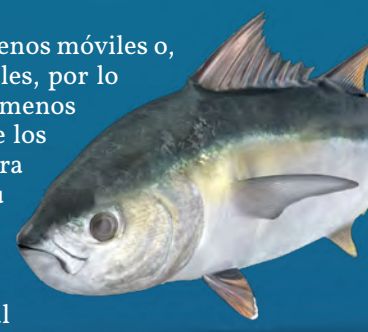
Si bien dichas tendencias aún no se han identificado claramente en el Pacífico mexicano, se prevé que, en el futuro, el calentamiento global tendrá efectos que dependerán de las características de las diferentes especies.

> “
> **En producción pesquera, México ocupa el puesto 16 en el mundo.**

Para el caso de especies altamente móviles, los efectos del calentamiento global pudieran ser relativamente menores. Por ejemplo, para las sardinas y el calamar, las proyecciones en general sugieren que sólo se modificarían levemente sus capturas (no obstante, algunos autores advierten que, pese a su movilidad, pudieran ocurrir disminuciones significativas en la abundancia de ambos recursos).

Para la pesquería de atún, se espera que los efectos a largo plazo sean similares a los observados durante los eventos de El Niño, en los que los cardúmenes que se forman son más dispersos y menos numerosos y, por tanto, más difíciles de pescar. En muchos casos, una respuesta esperable y directa de las especies móviles sería migrar al norte, en busca de temperaturas más adecuadas; ello se prevé, por ejemplo, para el camarón azul y el café.

En cambio, para otras especies la respuesta puede ser más compleja: el futuro del camarón blanco, por ejemplo, es más incierto porque parte de su ciclo de vida ocurre en las lagunas costeras, y los efectos pueden depender también del cambio en los patrones de lluvia.



Otras especies son mucho menos móviles o, incluso, completamente sésiles, por lo que los organismos tienen menos posibilidades de migrar ante los cambios en el ambiente. Para estas especies, adaptar su distribución a las nuevas condiciones tendrá que ser el resultado de un proceso de selección natural a lo largo de varias generaciones, donde las larvas que se asienten en nuevas zonas más frías serán las que sobrevivan, a diferencia de las que se asienten en los sitios afectados por el calentamiento.

Ese es el escenario probable para el abulón, cuya distribución se prevé se recorra lentamente hacia el norte, al tiempo que los efectos adversos podrían reducir, aún más, las capturas en las próximas décadas. Otro caso es el de las almejas generosas, hoy día un importante recurso pesquero de alto valor, para el cual un calentamiento generalizado forzaría una redistribución que implicaría extinciones locales en las actuales zonas de pesca y, con suerte, un lento crecimiento de nuevos bancos en hábitats más templados (quizá más allá de nuestras fronteras) o en aguas más profundas y menos accesibles al pescador.

Aunque no todo son malas noticias (por ejemplo, una tendencia al calentamiento en las próximas décadas podría incrementar la abundancia de langostas en la región), en términos generales existe un consenso en el sentido de que el calentamiento global es una amenaza para la actividad pesquera en su conjunto.

¿Qué hacer? Al enfrentar el calentamiento global, hay dos respuestas posibles. La primera es la mitigación; esto es, disminuir o eliminar las causas que generan el calentamiento del planeta. Esto

constituye un reto global, como lo es la atmósfera del planeta: de poco sirve disminuir la quema de combustibles fósiles en un sitio si, en otro lugar, las emisiones de bióxido de carbono se incrementan en la misma o mayor medida. De ahí la importancia de insistir en que todos los países se comprometan en foros y esfuerzos globales para reducir dichas emisiones (como el Acuerdo de París), y en que cumplan con esos compromisos, empezando por casa.

“¿Cómo los ecosistemas marinos están siendo afectados por el calentamiento global?

La segunda respuesta posible es la adaptación; es decir, encontrar nuevas formas en que las actividades sigan adelante pese a los efectos del calentamiento global. Para la pesca en general, la plena implementación del Código de Conducta para la Pesca Responsable de la Organización de las Naciones Unidas para la Pesca y la Alimentación (FAO) puede resultar la mejor estrategia.

La pesca industrial y costera deberá modificar sus sitios de pesca y sus especies objetivo, lo que requerirá de mayor capacidad de organización y de acuerdos entre los diferentes grupos y organizaciones que permitan la movilidad de las flotas. Es también aconsejable una participación más activa en foros internacionales, así como la cooperación entre regiones y países en la creación de redes de áreas marinas protegidas destinadas a mantener la conectividad y la biodiversidad.

No menos importante, la adaptación al calentamiento global demanda su detección y seguimiento, lo que hace indispensable contar con un sistema de información ágil y oportuno sobre los cambios ambientales, desde los eventos El Niño hasta las tendencias de largo plazo, tanto las de origen natural como las causadas por las actividades humanas.

*Adaptado de: Lluch-Cota S.E., C. Salvadeo, D.B. Lluch-Cota, R. Saldívar-Lucio y G. Ponce-Díaz; 2018. Impacts of Climate Change on Mexican Pacific Fisheries. En: Phillips B.F. y M. Pérez-Ramírez (Eds.) *Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis*, Volumen I, 1° Edición, John Wiley & Sons Ltd., 219-238.

CAMBIO CLIMÁTICO, "ASESINO" DE ALGAS Y CORALES

Héctor Reyes Bonilla
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

El cambio climático ya repercute sobre los ecosistemas y las sociedades humanas. El efecto más evidente es la elevación de la temperatura de la atmósfera; los medios de comunicación constantemente reportan que "es el mes (o año, o década) más cálido en registro"[1] y, desafortunadamente, la tendencia no tiene visos de detenerse.

Aunque los acuerdos internacionales buscan que la temperatura promedio del planeta no se eleve más de 1.5°C para finales del Siglo XXI, la realidad es que el aumento en la calidad de vida de China y la India, países que demandan enormes cantidades de energía para sus más de 3 mil millones de habitantes, sumado a la emisión de gases de efecto invernadero y la deforestación que se presenta en el resto de países, hace que los pronósticos apunten hacia una elevación térmica superior a los 3°C para el año 2100[2].

Los ecosistemas marinos no están exentos de esta problemática y, además del calentamiento del océano, se han observado incrementos en la intensidad de huracanes, elevación del nivel del mar y aumento de la acidificación. El estrés fisiológico que acarrean estos problemas redunda en menor sobrevivencia y éxito reproductivo y, si consideramos que los efectos del cambio climático pueden irse intensificando,

Los pronósticos apuntan hacia una elevación térmica superior a los 3°C para el año 2100.

la perspectiva no es muy halagüeña. Por eso, gobiernos y sociedades tratan de tomar medidas que permitan continuar gozando de la calidad de los servicios ambientales que presta el océano.

El blanqueamiento

En el caso de México, uno de los primeros ecosistemas que empezó a sufrir los efectos del cambio climático fue el de los arrecifes. En la costa occidental del país, las primeras perturbaciones relacionadas con la elevación de temperatura se presentaron durante los eventos de El Niño, los cuales aumentaron la temperatura del mar más de 2°C en 1987, 1997, 2015 y ahora en 2023.

Esos eventos han sido estudiados por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (Cicimar), la Universidad de Guadalajara (UdG), la Universidad del Mar (UdM), la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (UAM) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Gracias a ello sabemos que en 1987, 1997 y 2015, los arrecifes de coral que se localizan entre Oaxaca y Baja California Sur sufrieron "blanqueamiento", un fenómeno en el cual las microalgas simbiontes de los corales mueren por estrés térmico y son expulsadas por su hospedero[3]. Cuando eso ocurre, el coral pierde su color, deja de recibir alimento, detiene su crecimiento y puede morir.

El evento de 1997 causó una mortalidad de más del 50% de los corales de la costa oeste del país, y los arrecifes tomaron décadas para recuperarse. ¿Qué pasará en 2023? Es un misterio, pero los blanqueamientos que se presentan en Oaxaca son extremadamente intensos (Figura 1) y se espera que el problema se extienda hacia el norte. Por ello, instituciones académicas y personal de las Áreas Naturales Protegidas están llevando a cabo un seguimiento del evento, y buscan estrategias para atenuar los efectos.

La acidificación marina

Esta es otra manifestación del cambio climático, y estudios de la UAM, UdM y UABCS han demostrado que la densidad del esqueleto de los corales de Oaxaca y Baja California Sur ha disminuido un 20% entre 1997 y 2017, haciéndolos más frágiles; como consecuencia se presenta la fractura de muchas colonias en las temporadas de huracanes.

Afortunadamente, los fragmentos pueden fijarse al fondo y volver a crecer, situación que ha sido aprovechada por diversas organizaciones sociales[4] y por personal de la UNAM y del gobierno federal[5] para llevar a cabo exitosos esfuerzos de restauración.

Enfermedades y la llegada del sargazo

Para la costa del Golfo de México y el mar Caribe, la incidencia de enfermedades de corales es cada vez más común. Si bien ese tipo de eventos ha ocurrido siempre en esa región del país, en la última década la enfermedad de pérdida de tejido coralino (SCTLD, por sus siglas en inglés) ha acarreado grandes mortalidades a lo largo de Quintana Roo, y es causa de gran preocupación debido a la pérdida de hábitat arrecifal que resulta del evento[6].

Otra consecuencia de los efectos negativos del cambio climático es la llegada anual de cientos de toneladas de sargazo a la costa oriental de México, proveniente de un "bosque" marino localizado frente a la costa de Brasil y que ha surgido por la combinación del aporte de

1 https://cnnespanol.cnn.com/2023/07/05/dia-mas-caluroso-planeta-record-trax/
2 https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf

3 https://www.ngenespanol.com/naturaleza/que-es-el-blanqueamiento-de-corales-y-que-lo-provoca/

4 https://efectoarena.org
5 https://www.facebook.com/CoraliumLab/?locale=es_LA
6 https://www.tvazteca.com/aztecanoticias/enfermedad-corales-caribe-mexicano-unam-csz

En México, uno de los primeros ecosistemas que empezó a sufrir los efectos del cambio climático fue el de los arrecifes.

Figura 1. Arrecifes coralinos de la Bahía de Huatulco, con severo blanqueamiento. Imagen tomada el día 29 de junio de 2023. Créditos: Drone Huatulco, José F. Mattern García.

nutrientes de origen antropogénico procedentes de los ríos de América del Sur, la elevación de temperatura y el aporte de hierro (un elemento que acelera el crecimiento algal) proveniente de arena transportada desde el desierto del Sahara[7]. Los sargazos llegan al mar Caribe, afectando no sólo a los arrecifes, sino también a playas, manglares y pastos marinos.

Una mirada al futuro: modelos de respuesta de las especies

Investigadores adscritos a la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, Cicimar, UABCS y personal de organizaciones de la sociedad civil han generado modelos que prevén las futuras zonas de ocurrencia de las principales especies comerciales del país, partiendo de modelos basados en los escenarios propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

Los resultados muestran que los peces arrecifales con buena capacidad de movimiento, como los pargos, aprovecharán esta situación y empezarán a colonizar zonas más norteñas, mientras que organismos con afinidades frías verán restringida su distribución o se trasladarán a aguas más profundas[8]. Estos estudios son de gran relevancia para planificar estrategias de adaptación del sector pesquero a las futuras condiciones, y han dado lugar a una serie de recomendaciones[9] e insumos para el Plan Estratégico de Cambio Climático del sector Agroalimentario de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural[10].

Conclusiones

Los estudios dejan ver que las nuevas condiciones impactarán no sólo la fauna y flora arrecifal, sino la calidad de los servicios ambientales que ofrecen los arrecifes. Para amortiguar los efectos y prever las consecuencias del cambio climático se realizan investigaciones técnicas pero, además, es importante anotar que los cambios no pasan desapercibidos para las personas que utilizan los recursos naturales.

Pescadores de todo el país han reportado adelantos en las temporadas de migración y reproducción de muchas especies, lo cual ocasiona que las vedas no coincidan con los ciclos naturales; en estos casos, las mismas comunidades están solicitando modificaciones a las regulaciones pesqueras que les permitan manejar adecuadamente los *stocks*. Por otro lado, la restauración coralina está siendo impulsada por prestadores de servicios turísticos, con el fin de preservar tanto la salud del sistema como la calidad de la experiencia turística.

Aunque los efectos del cambio climático seguramente serán patentes, muchos sectores están trabajando en conjunto para ayudar a la sociedad mexicana a adaptarse lo mejor posible a lo que nos pueda deparar el futuro.

7 https://unamglobal.unam.mx/global_tv/en-2023-el-sargazo-llegara-antes-y-en-mayor-volumen-a-mexico/

8 https://www.gob.mx/inapesca/es/articulos/cambio-climatico-304307?idiom=es

9 https://mexico.edf.org/sites/mexico/files/EstudioCambioClimatico_0.pdf

10 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/776923/PLECCA_2022.pdf

Judith Rosellón Druker
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES, CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

Michelle Rosellón Hernández
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN, UNAM

ARRIBAZONES DE SARGAZO: ARISTAS Y PERSPECTIVAS

Científicas, económicas, sociales y ambientales

El sargazo que llega al Caribe mexicano se conforma por un conjunto de algas flotantes que, cuando crecen de manera masiva y llegan a la costa, generan un problema económico, social y ambiental. Existen muchos vacíos de conocimiento para poder cuantificar los efectos de estas arribazones en las regiones afectadas.

Es por esto que, a inicios de 2022 y como parte de un proyecto de investigación, recorrimos Quintana Roo para entender, a través del conocimiento y perspectivas locales, las principales necesidades y demandas de las comunidades hacia las autoridades municipales, estatales y federales, para atender este fenómeno de la manera que cada localidad considera más apremiante y lograr un manejo adecuado del sargazo.

Visitamos comunidades asentadas en las tres regiones que componen al estado: norte (que concentra la mayor parte de la infraestructura hotelera), centro (donde se encuentra la mayoría de la población maya) y sur (que incluye sitios turísticos en crecimiento). Por medio de entrevistas y talleres pudimos recopilar su voz, sentires y expresiones.

> “El sargazo en exceso genera un problema económico, social y ambiental.

Comenzamos nuestro recorrido en el sur; en Banco Chinchorro entrevistamos a pescadores de la cooperativa de langosteros. Ellos resaltaron los cambios sustanciales que han tenido en su trabajo y vida diaria desde que comenzaron a experimentar las arribazones. Por ejemplo, el poco tiempo libre que tienen al día lo destinan a limpiar el sargazo de sus playas para que: 1) no invada los “chiqueros” (lugar donde se deposita a la langosta todavía viva después del proceso de pesca); 2) no inunde sus casas; y 3) no impida que puedan caminar por el atolón. Un pescador nos comentó: “Dejé de pasear por la playa porque ahora sólo se camina sobre un lodo de sargazo” (Figura 1). Por tanto, una de las principales necesidades de esta comunidad está dirigida a las autoridades municipales, y es la instauración de brigadas que ayuden con la limpieza de sus playas.

Figura 1. Pescadores de langosta evitando que el sargazo invada los “chiqueros”.

En Mahahual, la mayoría de los entrevistados pertenecían al sector restaurantero y hotelero. Nos sorprendió su increíble iniciativa propia para buscar soluciones prácticas ante la problemática, y también su interés por entender y describir las corrientes marinas y los patrones de viento que pueden explicar en qué condiciones existe una mayor probabilidad de que el sargazo llegue a sus playas.

Nos contaron respecto a las estrategias que han implementado para reducir los impactos del sargazo. La principal de ellas es la instalación exitosa de “barreras artesanales”, para que llegue la menor cantidad posible de sargazo a la playa. Uno de los restauranteros indicó: “Sin estas mallas que pusimos, Mahahual ya hubiera desaparecido”. La comunidad expresó la importancia que para ellos tiene que la Secretaría de Marina (Semar) continúe con su propia instalación de barreras. Sin embargo, piden que el conocimiento local sea incluido en este proceso, ya que su experiencia puede ayudar a la Semar a ubicar mejor las barreras y lograr resultados óptimos para la contención de sargazo en el mar.

Nuestro siguiente destino fue Punta Herrero, pueblo pesquero localizado en la zona maya. Varios miembros de esta comunidad fueron parte de un programa de trabajo temporal implementado por la Comisión Nacional de Áreas

Figura 2. Casa de un pescador con aparatos electrónicos ennegrecidos y descompuestos por acción de los gases que se desprenden durante la descomposición del sargazo.

Naturales Protegidas, en el 2018. A través de este programa, los pescadores limpiaban el sargazo de sus playas durante la temporada de veda, a cambio de una compensación económica. De esta forma, podían permanecer en sus pueblos, con sus familias, sin la necesidad de ir en busca de otro trabajo durante los meses que no podían pescar.

Al limpiar sus playas de sargazo, disminuían algunos de los impactos negativos asociados a la descomposición del alga, como los fuertes olores producidos por la emanación de gas sulfhídrico. Los pescadores nos revelaron que, cuando no se recoge el sargazo de la zona de oleaje, los olores son tan fuertes que no les permiten dormir en la noche, y que sus aparatos electrónicos y cualquier cosa de metal, como llaves y monedas, se dañan o ennegrecen (Figura 2). Por lo tanto, una demanda específica de esta comunidad hacia el gobierno estatal es que se restablezca ese programa de empleo temporal.

> “Un impacto negativo: los fuertes olores producidos por la emanación de gas sulfhídrico.

En la zona maya también visitamos Felipe Carrillo Puerto. A pesar de no ser una zona costera, la mayoría de sus habitantes dependen de actividades relacionadas con el mar. Los participantes aluden a la exclusión de la comunidad maya a un efecto indirecto del sargazo, ya que la atención de las autoridades se encuentra enfocada en la zona norte del estado, sobre todo en temporadas de alta arribazón.

También percibimos un sentido de inequidad entre emprendedores mayas que han intentado aprovechar el sargazo. Algunos de ellos mencionaron que “se ahogaron en licitaciones” y que ni siquiera podían tener acceso a la materia prima para su aprovechamiento, porque transportar el sargazo desde la costa hacia Felipe Carrillo Puerto es prohibitivamente costoso. Por ello, para esta comunidad es necesario incrementar el turismo hacia esta zona, tal como lo expresó un participante: “El gobierno estatal debe fomentar el turismo cultural en la zona maya, en lugar de utilizar todos sus recursos en limpiar las playas de Cancún”.

Es necesario definir, aclarar y facilitar los procesos administrativos dentro de las cadenas de valor de sargazo (por ejemplo, clarificar jurisdicciones en mar y playa, determinar licitaciones, lineamientos claros para la producción de un producto específico). Otra de las demandas de esta comunidad va enfocada hacia el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología, ya que varios de los participantes consideran que las oportunidades de financiamiento para proyectos científicos y tecnológicos no son óptimamente diseminadas en su comunidad, y que los lapsos entre la publicación de las convocatorias y la entrega de una propuesta de proyecto, no les permiten aplicar a las mismas.

Terminamos nuestro recorrido en Puerto Morelos y Cancún. Aquí, las principales necesidades se relacionan con marcos regulatorios claros que permitan llevar a cabo un manejo integral del sargazo, con la prioridad de mantener las playas lo más limpias que sea posible. Participantes del sector empresarial (hoteleros y empresas de limpieza de sargazo) piden a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales una reestructuración de sus lineamientos técnicos y de gestión para la atención del sargazo, tomando en cuenta experiencias, aprendizajes y casos de éxito en actividades de contención y colecta.

También expresaron la necesidad de regular el trabajo del “sargacero” (Figura 3), es decir, la persona que recoge el sargazo en la playa, ya que ellos están expuestos a jornadas de trabajo extremas y extenuantes, sin ningún tipo de prestaciones o una seguridad laboral mínima. Varios entrevistados remarcaron la importancia de una coordinación multisectorial para lograr un manejo adecuado de estas algas.

Figura 3. Sargacero limpiando el sargazo de la playa

A pesar del contraste entre las necesidades de las zonas visitadas, también encontramos tres que son transversales a todas éstas:

- acercar a la población al conocimiento que existe sobre los arribazones (sugirieron hacer talleres o seminarios con expertos sobre los orígenes, efectos ambientales y aprovechamiento sustentable del sargazo);
- incrementar los recursos financieros para la investigación y el emprendimiento; y 3) contar con sitios de transferencia, en donde se haga un procesamiento primario del sargazo (como el sacado y la trituración) y con más y mejores sitios de disposición (desecho) final.

El sargazo seguirá llegando en cantidades masivas a nuestras playas caribeñas como reflejo de las actividades humanas en el planeta y del consecuente cambio climático. Las iniciativas y programas gubernamentales futuros deben ser integrales (acciones claras de monitoreo, contención, colecta, transformación y aprovechamiento) y, sobre todo, deben contar con una zonificación y diferenciación geográfica, ya que las comunidades del estado de Quintana Roo, a pesar de experimentar una misma problemática, ciertamente la enfrentan, adoptan y viven de una manera diferenciada.

CAMBIO CLIMÁTICO, EMERGENCIA GLOBAL: AMPARO MARTÍNEZ

Por Emiliano Cassani marroyo@unam.mx

Amor, ilusiones, sueños y fracasos quedaron reducidos a un polvo gris claro, residuo del efecto de la combustión completa. Mientras se consumía el oxígeno disponible para los que intentaban huir asustados, toda una ciudad vio el cielo pintarse de negro, el Sol se oscureció, la Luna no mostraba su resplandor y las estrellas se desdibujaron.

Las llamas envolvieron la ciudad de Maui, en Hawái, el martes 8 de agosto de 2023; al menos tres grandes incendios continuaron ardiendo para el viernes 11, alimentados por una sequía pronunciada y ráfagas de viento de hasta 100 kilómetros por hora que provocaron la muerte de más de 100 personas y la desaparición de más de mil. Según los expertos, la temperatura global y las sequías aumentan las probabilidades de que se produzcan estos fenómenos.

El cambio climático no fue el responsable directo de lo ocurrido en la isla. Los incendios forestales pueden darse de forma natural o artificial; pero su intensidad, duración y alcance se ven fuertemente influenciados por el incremento en la temperatura del planeta.

“Todos los días, en alguna parte del mundo, podemos darnos cuenta que el cambio climático tiene al planeta entero en estado de emergencia. Una situación tan compleja no se podrá resolver con medidas aisladas o cortoplacistas, lo único que funcionará es emprender una transformación social de largo plazo”, mencionó en entrevista para *Obsidiana*, la doctora Amparo Martínez Arroyo, ex directora del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

> “El cambio climático tiene al planeta entero en estado de emergencia.

Como ejemplo, en abril de 2003 la doctora Martínez Arroyo trabajó por iniciar en México el Sistema Nacional de Información sobre la Calidad del Agua en Playas Mexicanas y, con ello, empezar el Programa Nacional de Playas Limpias, un esfuerzo en el cual participaron las Secretarías de Turismo, Medio Ambiente y Recursos Naturales y la de Salud.

A lo largo de ese año sistematizó y homogeneizó el monitoreo del agua de mar, de acuerdo con los criterios descritos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para las aguas de mar de contacto recreativo. Actualmente, las autoridades estatales de salud, siguiendo los lineamientos emitidos por la Secretaría de Salud y en coordinación con ésta, realizan muestreos y análisis del agua en cada uno de los 17 estados costeros de México. El programa ha demostrado su eficacia.

“Cuando me invitaron a este proyecto yo era investigadora. Lo primero que hice fue ver quiénes estaban involucrados; me encontré con una gran desarticulación, había más de 20 dependencias relacionadas con cuestiones de las playas y costas en México, pero tenían una relación muy limitada entre ellas. Era absurdo”.

El Programa de Playas Limpias, agregó, no implicaba nada más ir a tomar muestras a la playa y decidir si medían *Enterococcus* u otro tipo de microorganismos. Era necesario determinar las fuentes (desde dónde venían), qué pasaba con la basura, los desagües y las construcciones, señaló la doctora Amparo Martínez, investigadora titular del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Sobre todo en temas ambientales, no hay manera de hacer grandes proyectos y transformaciones si no se cuenta con la participación de distintos sectores de la sociedad.

Durante su participación en la Red de Áreas Marinas Protegidas de América del Norte frente al Cambio Climático se elaboraron lineamientos con fundamento científico para planificar y crear redes de áreas marinas protegidas, tomando en cuenta los efectos del cambio climático esperados en los ecosistemas marinos. El área de interés se extendió desde el Atlántico occidental tropical —incluidos el mar Caribe y el Golfo de México— hacia el norte, hasta el mar de Labrador.

“En este proyecto fue muy interesante aprender cómo la articulación internacional puede aplicarse a cuestiones nacionales. Debíamos establecer áreas que protegieran las migraciones

marinas por el Pacífico e involucrar a la gente que podía tener una incidencia en su protección o en su depredación, para tratar que la parte humana estuviera controlada".

Investigación en cambio climático

La doctora Amparo Martínez, cuyas líneas de investigación analizan la variabilidad y cambio climático y su efecto en ecosistemas acuáticos, dijo que el Servicio Mareográfico Nacional (que depende de la UNAM) únicamente cuenta con el apoyo que se le da desde la universidad, y eso complica el alcance y efectividad del servicio.

"Necesitamos una estrategia nacional que contemple una inversión más fuerte en investigación, pero que incluya monitoreo que ayude a saber con anticipación si viene una marea roja, si vienen contaminados los moluscos o peces. También se podría monitorear las fuentes que hay en tierra y que perjudican los ecosistemas. Esto se relaciona con la pobreza pesquera y con el deterioro del medio ambiente", advirtió.

"Si observamos, medimos y comparamos con lo que pasó el mes o el año pasado, eso obliga a tomar medidas. La sociedad puede exigir a sus autoridades que se tomen medidas ante esas evidencias de los cambios".

Investigación desde el Estado

"Es fundamental que se establezcan instituciones del Estado dedicadas a la investigación, porque la nación debe tener datos confiables y objetivos para trabajar", indicó.

La investigación en universidades, puntualizó, puede ayudar y contribuir, pero no siempre tienen la capacidad para ver los problemas políticos de financiamiento, gestionar relaciones internacionales, o de integrar información. A estas alturas está muy claro que la investigación sobre el medio ambiente debe ser interdisciplinaria.

El modelo de institución dedicada a la investigación debe ser financiado con recursos públicos, debe ser autónoma, con libertad de investigación para poder contribuir de forma objetiva a los planes de desarrollo nacionales. Pero, al mismo tiempo, debe seguir a largo plazo los planes que el país necesita.

"Instituciones como el INECC, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), o el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), deben interactuar con la academia y la comunidad científica; y también fomentar la formación de nuevos investigadores y funcionarios que sean científicos, eso podría cambiar muchas de las cosas que ya se hacen", declaró.

Una cuestión de voluntad política

"Los mayores retos no son los de cuestiones científicas. El foco rojo que necesita más atención en nuestro país para que realmente se contribuya de manera efectiva a combatir el cambio climático es la voluntad política, de organización e infraestructura", expuso.

La doctora Martínez Arroyo, quien también cuenta con una línea de investigación sobre la relación atmósfera-biosfera en sistemas acuáticos, explicó que el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) encabezó el proyecto del Consorcio de Investigación del Golfo de México (Cigom).

Hace 13 años, en el Golfo de México, ocurrió un derrame de cerca de 800 mil toneladas de petróleo, equivalentes a cinco millones de barriles de crudo; el accidente sucedió en la plataforma *Deepwater Horizon*, bajo operación de *British Petroleum*.

Petróleos Mexicanos (Pemex) financió un gran proyecto de investigación para prever un posible derrame y sus consecuencias. Así surgió el Cigom, que conjuntó a cerca de 350 investigadores, 400 estudiantes y técnicos de diversas universidades.

Entre los éxitos del Cigom está el *Atlas de Línea Base Ambiental del Golfo de México*, la más extensa caracterización oceanográfica que se haya desarrollado en el país; indispensable para la planificación y la toma de decisiones en cuestiones oceanográficas.

Este tipo de experiencias exitosas deben tener financiamiento a largo plazo, además de replicarse en todo el país. "No se trata de cambiar un poquito las cosas, tenemos que repensar nuestra forma de vivir, ser creativos y constructivos", indicó la doctora para concluir.

> "Para contribuir efectivamente a combatir el cambio climático se requiere de voluntad política.

MICROPLÁSTICOS, EL PLATO PRINCIPAL DE CADA DÍA: CAROLINA RUIZ

Por Emiliano Cassani

caro@ola.icmyl.unam.mx

Abres los ojos después de un descanso profundo, hipnotizado por el vaivén de las olas del mar; a un costado, una cerveza fría escarchada con sal, acompañada por un coctel de camarones que esperaste todo el año, desde que planeaste vacaciones en tu playa favorita. Un momento en el paraíso. ¿Cierto? Pues sí lo es, pero no todo es perfecto porque tanto la arena de la playa como cada uno de los productos de esa mesa contienen microplásticos.

"Desde el Everest hasta las fosas de las Marianas podríamos rastrear la ruta de los microplásticos, porque están donde no deberían, estos contaminantes emergentes están en prácticamente todo lo que nos comemos, además de que los respiramos. Lo peor de todo, es que no se sabe aún con exactitud cuáles son las consecuencias e impactos en nuestra salud. Conocer su dinámica es muy importante porque podemos investigar cuál es la fuente principal y tratar de mitigar su propagación", explicó en entrevista para *Obsidiana* la doctora Ana Carolina Ruiz Fernández, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Vida Submarina, el Objetivo del Desarrollo Sostenible (ODS) 14, aborda la necesidad de gestionar y proteger sosteniblemente los ecosistemas marinos y costeros para evitar efectos adversos importantes, fortalecer su resiliencia y adoptar medidas para restaurarlos, a fin de restablecer la salud y productividad de los océanos.

Cuando se configuraron los ODS, en 2015, nuestro país sólo le había dado importancia a mantener las extensiones de las áreas naturales protegidas marinas e invertir en investigación, únicamente a través de la Secretaría de Marina, expuso la doctora Ruiz Fernández.

"La acidificación de los océanos, la contaminación por microplásticos y el exceso de nutrientes en los océanos son problemas que nuestro país había dejado de lado. Ahora, a partir del año pasado, a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, se involucró a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y se le proveyó de fondos para saber cómo estamos en México respecto al manejo de plásticos y qué pasa con la contaminación por microplásticos en nuestra región", agregó.

> "Estos contaminantes emergentes están en prácticamente todo lo que nos comemos, además, los respiramos.

La doctora Ruiz indicó que los investigadores que hasta el momento estudian los microplásticos en México lo hacen principalmente con financiamiento nacional, que viene del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, y es muy escaso.

Los microplásticos, agregó, nos acompañarán por mucho tiempo y es importante que nuestro país esté preparado con información para identificar los ecosistemas a los que más les urge intervención; además de que se desarrollen a la par medidas de mitigación y estrategias para evitar que siga llegando tanto desecho a nuestros ecosistemas.

Encontraron, advirtió, que todos los organismos tienen plástico; hasta en los músculos del camarón, tanto del que se cultiva como del silvestre. Si se habla de ostiones o peces es la misma historia, realmente todo tiene microplásticos y no es una exageración.

"En los registros históricos de la zona del estero de Urías, en Mazatlán, se puede observar que hay una tasa de crecimiento de microplásticos moderada hasta los años 90, pero después se dispara con un incremento de casi 20 veces por año, es exponencial. Crece la densidad de población, sube el consumo masivo de plásticos, pero esa población no tiene la facilidad de desecharlos masivamente, entonces todo se convierte en un basurero", lamentó la doctora que se ha hecho acreedora a las medallas Alfonso Caso y Gabino Barreda por méritos académicos.

Conservar áreas naturales protegidas para frenar el cambio climático

Entre bosques de abeto, pino y encino, el río San Pedro Mezquital recorre 540 kilómetros a través del país. Es el séptimo río más caudaloso de México, el último que cruza libre de presas la Sierra Madre Occidental, y conecta el desierto chihuahuense con el Golfo de California. Es la arteria principal que suministra agua dulce a Marismas Nacionales, el manglar más extenso del Pacífico mexicano.

Sin embargo, en septiembre de 2014 autoridades gubernamentales plantearon y autorizaron la construcción de la hidroeléctrica Las Cruces en el río San Pedro Mezquital.

"La Comisión Federal de Electricidad (CFE) había hecho estudios en su momento y decía que los sedimentos de ese río no alimentaban a

La doctora Ruiz a bordo del barco oceanográfico *Ciencias Do Mar III*, de la Universidad Federal Fluminense de Brasil, entrenado a un grupo de investigadores de 18 países de Latinoamérica.

Marismas Nacionales, con lo cual justificaban la viabilidad de su proyecto. Lo que hicimos fue tomar muestras de sedimento a lo largo del cauce del río hasta llegar a Marismas Nacionales e identificar la composición, para poder ver si se podía trazar este transporte sedimentario".

Este estudio realizado por la doctora Ruíz Fernández demostró la inviabilidad de la construcción de la hidroeléctrica. "Por supuesto hubo otros problemas asociados con este proyecto, la población estaba muy en contra, pero la parte científica, el estudio químico de los sedimentos, también fue muy importante para rebatir esa premisa que defendía la CFE", puntualizó.

Es así como la investigación científica puede evitar daños irreversibles en áreas naturales, y abonar para moderar el cambio climático.

Subsistir amando el territorio

De acuerdo con datos de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (Sedatu), 51% del territorio en México corresponde a propiedad social, sobre el cual tienen derechos más de 5.3 millones de ejidatarios y comuneros quienes, junto con sus familias, habitan los más de 32 mil núcleos agrarios que existen en el país, distribuidos en 29 mil 674 ejidos y 2 mil 371 comunidades que forman parte de la estructura productiva.

"El primer reto es la resistencia, hay muchos sectores de la población que ven las zonas de manglares como muy atractivas para su propia subsistencia y para hacer negocio. No les conviene hacer conservación o restauración de estos ecosistemas porque tal vez sea su modo de vida. El área de manglares es un problemón porque, frecuentemente, éstas pertenecen a ejidatarios o agricultores", explicó la doctora Ana Carolina Ruiz.

"Una vez que se logra convencerlos de llevar a cabo acciones de conservación o restauración, habrá que retribuirles el dejar de utilizar sus terrenos para hacer negocio, pero debe haber una fuente de financiamiento para esa conservación. La venta de bonos de carbono azul, por ejemplo, es un dinero semilla, pero hay que crear otros modelos, enseñarles a tener otro tipo de actividades de subsistencia que les permita vivir de manera digna, en vez de degradar el ecosistema", mencionó la doctora.

En Latinoamérica hay experiencias positivas. "Si uno va de paseo al estero del Verde Camacho, en Sinaloa, te pasean por la zona de los manglares, y una parte del recorrido incluye comer camarones que se producen ahí mismo; le da un valor agregado porque son las mismas señoras de la comunidad quienes los guisan. Luego llevan a los turistas a la playa para que liberen tortugas al mar. El secreto es ese, que haya diversificación de actividades", narró la doctora, quien recibiera la medalla Sor Juana Inés de la Cruz, por su destacada labor como investigadora.

Frenar la contaminación de los humedales

"Si las autoridades dieran seguimiento adecuado al cumplimiento de las leyes ambientales, se minimizaría considerablemente el flujo de contaminantes que llega a los humedales costeros. Ha habido pérdidas de hasta el 80% de zonas de manglar en los últimos 100 años", resaltó Ruiz.

"A nuestros territorios —señaló— no se les debe poner un precio, debemos resaltar y enseñar a las entidades gubernamentales y a empresarios que este es el único planeta en el que podemos vivir, que esos ecosistemas cumplen muchísimas funciones, que si los destruyes hay repercusiones, no sólo en la zona costera, sino en nuestro continente y todos vamos a salir afectados", finalizó la doctora Ruiz Fernández.

No se sabe con exactitud cuáles van a ser las consecuencias e impactos en nuestra salud.

CULTURA OCEÁNICA DESDE LAS ARTES

Limpieza de sargazo

Ecosistema de mar profundo

El proyecto *Cultura Oceánica* del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM nació para brindar más información acerca de los océanos a alumnos y profesores de nivel medio superior y superior, como una manera de concientizar sobre el impacto que nuestras acciones tienen sobre ellos.

La labor de Camila Loza y Diana Vega, como artistas dentro del proyecto, es traducir a imágenes los datos que arroja la investigación científica; así el arte y la ciencia se conjugan para que esta información sea comprensible.

Hay desconocimiento sobre la diversidad y el impacto que el océano posee, por ejemplo la cantidad de ecosistemas, las problemáticas climáticas actuales, los recursos que ofrece y la oportunidad que tenemos de generar un vínculo mucho más cercano con éste hábitat planetario. En ese sentido, las imágenes plásticas y digitales se vuelven recursos sugerentes y vivos.

El trabajo de los artistas y diseñadores en estos campos es cada vez más relevante, ya que el ser humano puede comprender y aprender de mejor manera con estímulos visuales que sean atrayentes e interactivos, tales como los videos y las imágenes.

El arte y la ciencia van de la mano: mientras la ciencia intenta dar datos consistentes y soluciones pertinentes, el arte ejercita la sensibilidad. Entusiasma que, por medio de este proyecto, más personas puedan conocer nuestros océanos.

Sargazo

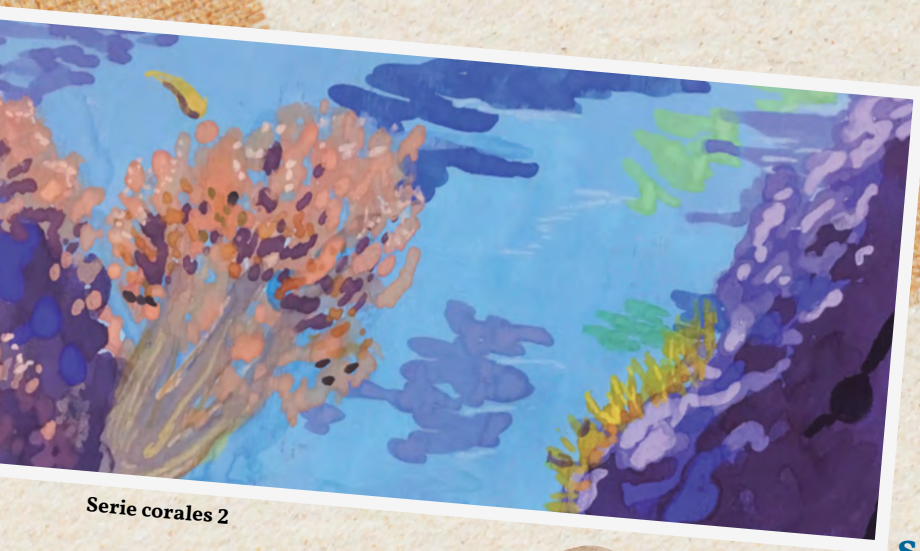
Ecosistema de ventila hidrotermal

Camila Loza Gómez
FACULTAD DE ARTES Y DISEÑO, UNAM

Contaminación

Ecosistema de fondo rocoso

Diana Maybeth Vega Salgado
FACULTAD DE ARTES Y DISEÑO UNAM



Serie corales 2

> **“Mientras que la ciencia intenta dar datos consistentes y soluciones pertinentes, el arte ejercita la sensibilidad.**

Ecosistemas

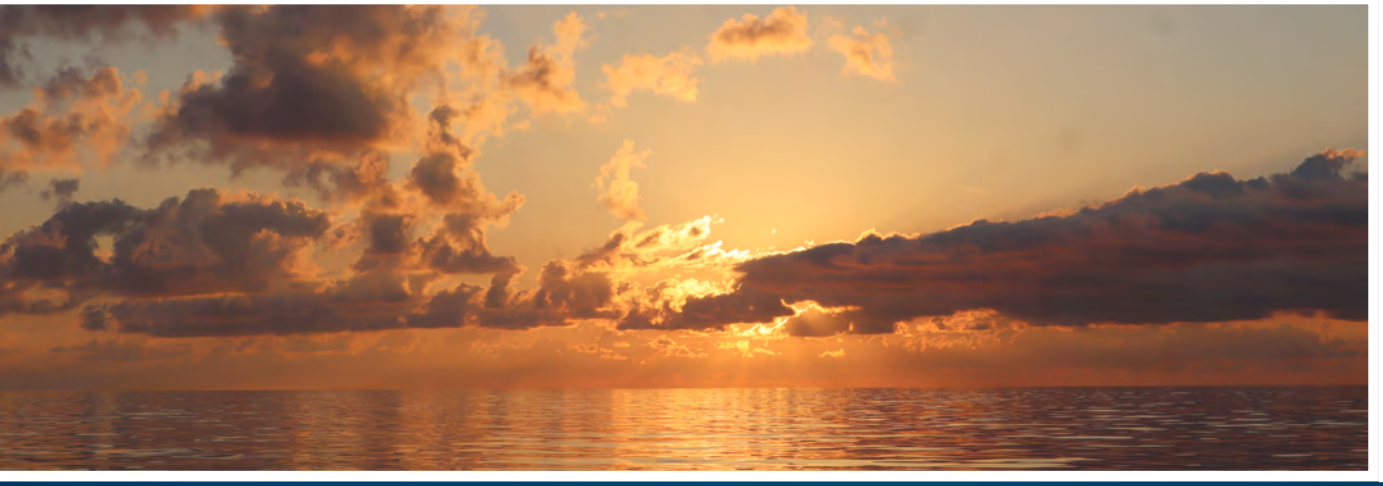
Serie corales

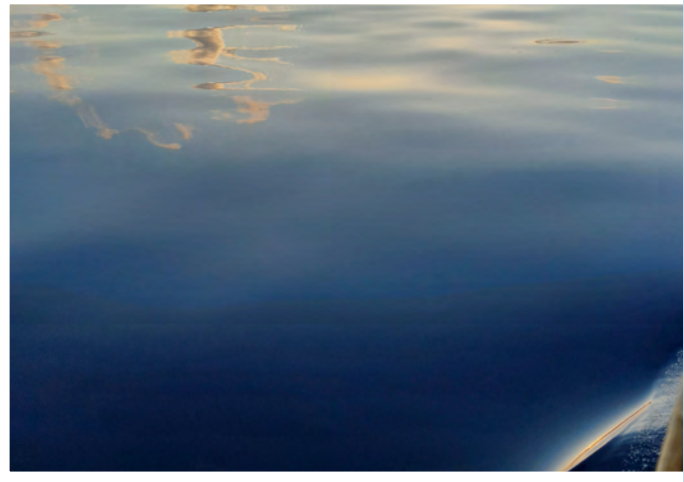
¡Conoce la galería completa de *Cultura Oceánica*!

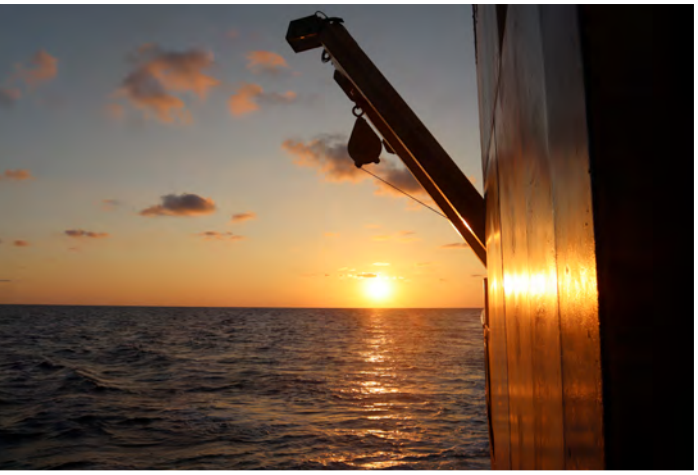
Serie corales 2

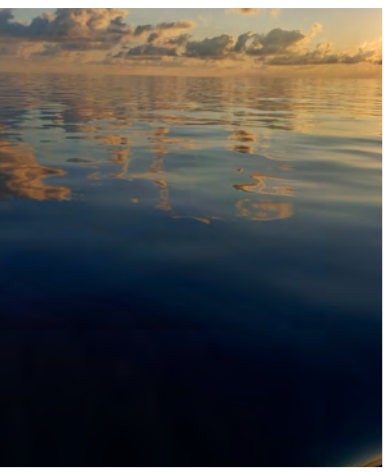
MAR ABIERTO. AMANECERES Y ATARDECERES DESDE EL JUSTO SIERRA

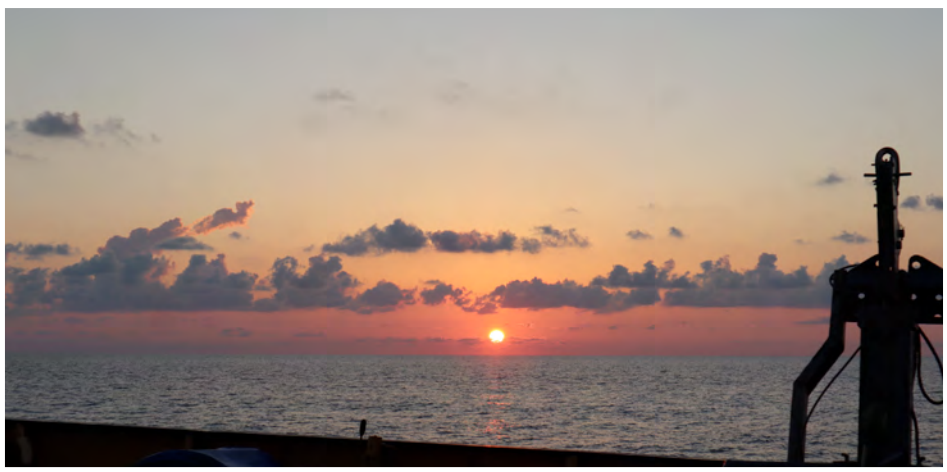
Hacer investigación a bordo de un buque oceanográfico, como el Justo Sierra (perteneciente a la Universidad Nacional Autonóma de México), ofrece la posibilidad de disfrutar de incontables amaneceres y atardeceres que quitan el aliento. Naveguemos con algunos de los investigadores que aprovechan la inmensidad que los rodea en cada expedición científica.











Fotografías por: Adriana Gaytán Caballero, Omar Venegas y Frida González.

Sharon Herzka Llona:

EL RETO DE ESTUDIAR LOS MARES MEXICANOS

sherzka@cicese.mx

Sharon nació en Perú. Se crió en Lima, de cara al mar, justo como Ensenada, donde reside actualmente. Los recuerdos más hermosos de su infancia son de sus visitas a la playa. En ese entonces, ella sentía que el mar "siempre iba a estar ahí y siempre iba a estar bien".

Muchos de nosotros, cuando vamos a la playa y contemplamos el mar, sentimos su inmensidad. Así lo siente también la doctora Herzka, quien quiso estudiar ciencias marinas desde muy chica; siempre le llamó mucho la atención. Eventualmente, eso se convirtió en un interés por entender cómo funciona, qué es el mar y qué alberga.

Sus áreas de investigación son: ecología pesquera, ecología isotópica (orientada a estudios de movimiento, migración y hábitat de peces marinos) y oceanografía. En particular, ha trabajado en el Golfo de México.

Para Sharon ha sido una carrera muy gratificante. Lo que más disfruta es ir al campo, estar en el mar, sea en las zonas costeras o en las oceánicas.

Ella es investigadora en el Departamento de Oceanografía Biológica del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), desde 2001. Además, es coeditora en jefe de la revista científica mexicana *Ciencias Marinas*, integrante de la Academia Mexicana de Ciencias y miembro del Sistema Nacional de Investigadores. También coordinó el Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM).

El CIGoM agrupó a varias instituciones académicas de México, que se unieron tras el derrame de petróleo en el Golfo de México ocasionado por la explosión de la plataforma *Deepwater Horizon*, en 2010. La magnitud de los daños y efectos de aquel derrame se desconocen con exactitud hasta el día de hoy, porque no se sabe en qué condiciones se encontraba el Golfo antes del mismo.

Sharon colaboró en varios proyectos para evaluar los impactos de este derrame, uno de ellos fue la integración de la base de datos más extensa en toda la historia de oceanografía mexicana sobre las condiciones físicas, geoquímicas y ecológicas de la zona. Con ésta se podrán evaluar impactos y diseñar estrategias de mitigación en futuros casos de derrames de gran escala en las aguas profundas del Golfo de México.

Tras sus años de involucramiento en CIGoM, llegó a la conclusión de que sí se puede abordar y resolver grandes problemas, pero no desde la trinchera de una persona, pues estos procesos involucran a muchos individuos y de diversas disciplinas, a instituciones de diferentes sectores y a la sociedad misma. "No minimicemos nuestro potencial y aprendamos a trabajar en grupo", opina la doctora Herzka.

A todos los jóvenes interesados en esta área de investigación, Sharon Herzka les invita a que sigan adelante. Hoy es muy importante contar con una comunidad fuerte de investigadoras e investigadores en ciencias marinas, que pueda entender y resolver los problemas que enfrentan los ecosistemas marinos, pues es un momento muy delicado para su salud y conservación. Es necesario estudiarlos, entenderlos, cuidarlos y ser proactivos.

> "Participó en la base de datos más extensa en toda la historia de la oceanografía mexicana.

Mira esta charla TEDx: *Ciencia y mar... y la tragedia que lo cambió todo*, por Sharon Herzka.

Fuentes

Sirenas haciendo olas: Inspirando el desarrollo de las ciencias del mar - Dra. Sharon Z. Herzka. (2022, 22 abril). [Vídeo]. YouTube COPO-UNAM Oficial. Recuperado 25 de julio de 2023, de https://www.youtube.com/watch?v=kKu3NhX70hw

Cruz Aguirre, R. U. (2021, 24 noviembre). *Sharon Herzka: tercera investigadora del CICESE que ingresa este año a la AMC*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Recuperado 25 de julio de 2023, de https://todos.cicese.mx/sitio/noticia.php?n=1679

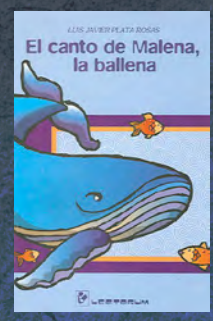
LECTURAS: UN MAR DE POSIBILIDADES

¡A partir de 6 años!

Salvemos los océanos
Lucía Serrano
Anaya Infantil y Juvenil, 2020

Los océanos ocupan tres cuartas partes de la superficie de nuestro planeta, y son fundamentales para que la Tierra sea habitable. Pero los estamos degradando... ¿Qué podemos hacer para que mejore esta situación? Descubre ideas para protegerlos en este libro de la colección *Misión Planeta*, dedicada a los objetivos de la Agenda 2030 de Naciones Unidas para un desarrollo sostenible.

¡Para lectores jóvenes!



El canto de Malena, la ballena
Luis Javier Plata Rosas
Lectorum, 2008

Conoce a Malena, una ballena sabia que vive en las azules aguas de Puerto Vallarta. Malena tiene muchos amigos biólogos e investigadores y le interesa compartir los conocimientos científicos que ha adquirido en sus innumerables viajes por el mundo.

¡Para estudiantes y público general!

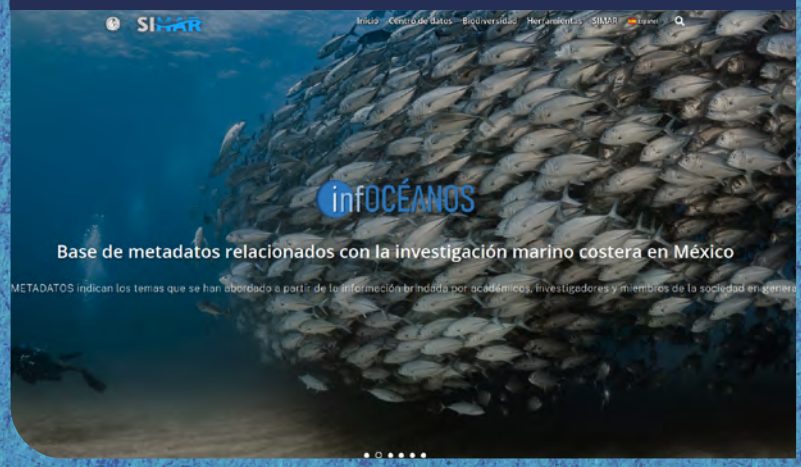
El océano y sus recursos
Juan Luis Cifuentes, María del Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón
FCE, SEP, Conacyt, 2003
Colección *La ciencia para todos*

Esta serie de 12 libros presenta un panorama del estado actual de la oceanología y la oceanografía. Nos ofrece una visión integral de la problemática de los estudios oceanográficos frente a desafíos como la contaminación ambiental, la explosión demográfica y la alimentación mundial.

PLATAFORMA DIGITAL INFOCÉANOS

Esta plataforma en línea, diseñada para investigadores y curiosos, ofrece una base de metadatos sobre monitoreo e investigación marina y costera de México. Además de consultarla, ¡puedes enriquecerla!

Es una herramienta para compartir el conocimiento de investigaciones que se han llevado a cabo en nuestro país, y que puede ayudar a la toma de decisiones por el gobierno, la academia y la sociedad civil.



¡Conoce la riqueza marina y costera de México!

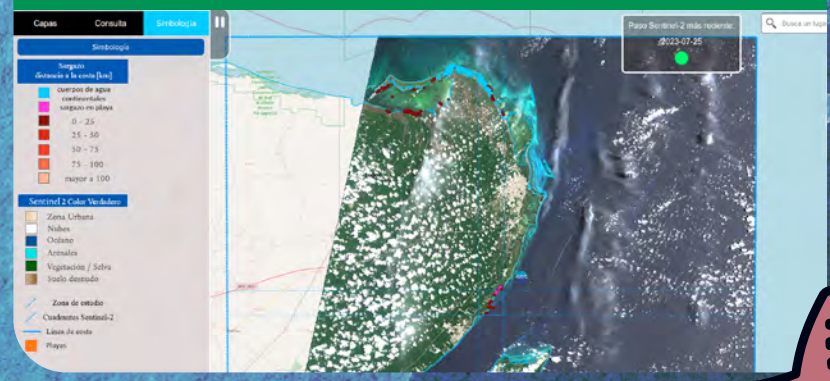
¡Echa un vistazo, aquí!

VISUALIZADOR DE SARGAZO

El sargazo es un alga pelágica que flota en el océano; es un ecosistema en sí mismo que proporciona refugio a crustáceos, tortugas y pequeños peces. Sin embargo, desde 2011 comenzó a llegar de forma masiva a las playas del Caribe mexicano.

Para estudiar este fenómeno, desde el Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra (LANOT) se realiza monitoreo del sargazo, a partir de imágenes satelitales.

Este sistema en línea ofrece recursos como la posición del sargazo en el mar. Permite detectar sargazo en la zona marítima cercana a las costas de Quintana Roo, extendiéndose hacia Belice, Guatemala y parte de Honduras. Estas imágenes se actualizan cada cinco días, dependiendo del paso de los satélites Sentinel-2A y Sentinel-2B.



DOCUMENTALES SOBRE LOS OCÉANOS

En busca del coral (2017)
Director: Jeff Orlowski

Los corales, además de coloridos, son animales muy sofisticados. Los arrecifes de coral están desapareciendo a un ritmo sin precedentes. Para descubrir por qué, y en una carrera contra el tiempo, buzos, fotógrafos y científicos decidieron emprender una aventura oceánica de grandes proporciones, y lograron documentar esta catástrofe ecológica.

Vivimos un momento único, pero podemos cambiar la historia; este documental culmina con varios mensajes de esperanza.

Misión azul (2014)
Directores: Robert Nixon y Fisher Stevens

"Mi patio trasero era el Golfo de México. Ahí fue donde me enamoré del océano". Acompaña a la oceanógrafa Sylvia Earle, científica, ingeniera, profesora y exploradora, en su campaña para salvar los océanos del planeta contra amenazas como la sobrepesca y los desechos tóxicos.

"Sin el océano, nuestro planeta sería como Marte, sin vida". La meta de Sylvia es que todos comprendamos qué sucede y por qué.

Un océano de plástico (2016)
Director: Craig Leeson

"Cada año se vierten ocho toneladas de plástico en nuestros océanos". Craig Leeson, periodista que ama el océano, se topa con descomunales cantidades de plástico en lo que debería ser un océano prístino. Para conocer la verdad detrás de esta contaminación, viajó con buzos y científicos durante cuatro años.

"El cambio es posible y empieza por nosotros". Este documental revelador también ofrece soluciones pero, para salvar nuestro futuro, necesitamos "una ola" de cambio.

FUTURO DE LOS OCÉANOS EN MÉXICO: SEMINARIO

¿Te interesa conocer la situación de los océanos y el estado de nuestros recursos pesqueros, de voz de los expertos? Entonces te recomendamos el video de la primera sesión del seminario "Futuro de los océanos en México", coordinado por Julia Carabias, y que tuvo lugar el 17 de julio de este año en el Colegio Nacional.

Con la participación de: Elva Escobar, reconocida investigadora del mar profundo y experta del Panel de Alto Nivel para la Economía Sustentable de los Océanos, así como del Comité Nacional para la Agenda 2030; y el biólogo Luis Bourillón, abocado a la conservación marina y manejo de recursos naturales por casi 40 años, y pionero en el impulso de la eco certificación pesquera en México.