

Número especial

264

mayo  
2023

Directora general:  
Carmen Lira Saade  
Director fundador:  
Carlos Payán Vélver  
Director: Iván Restrepo  
Editora: Laura Angulo

 **La Jornada**

**e**cológica

*Sargazo,*

*entender el fenómeno  
para mitigar sus efectos*

Números anteriores

Correos electrónicos: [ivres381022@gmail.com](mailto:ivres381022@gmail.com) • [estelaguevara84@gmail.com](mailto:estelaguevara84@gmail.com)

## Presentación

**Iván Restrepo**  
Director del suplemento



Cuando el mes pasado publicamos la primera entrega de *La Jornada Ecológica* dedicada a tratar los problemas del sargazo, era ya una realidad el arribo del alga a las costas del Gran Caribe, a las de México y a las del sur de Estados Unidos, en especial de Florida. Por medio de satélites se había localizado un enorme bloque extendido por el Océano Atlántico. El cálculo más aproximado lo fijó en 13 millones de toneladas.

Todo indica que esa enorme masa arribará en mayor cantidad que la actual, a partir del próximo mes al Golfo de México y el Gran Caribe. Será el volumen de sargazo jamás registrado y el de mayor longitud (8 mil kilóme-

tros) desde que se tiene registro de su desplazamiento por el Atlántico.

En México, como informamos en el suplemento de marzo pasado, afectará lugares emblemáticos del turismo masivo como Cancún, Tulum, Playa del Carmen, Puerto Morelos, cuyo mar turquesa y sus playas de fina arena terminan invadidas por el alga.

No ha habido capacidad para impedir la llegada del sargazo al litoral; tampoco para recogerlo adecuadamente en las playas y evitar daños mayores. Y menos para depositarlo en sitios que reúnan las condiciones óptimas. En las vacaciones de semana mayor y pascua, el alga invadió más de la mitad de las pla-

Foto: Portal ambiental.com.mx

Foto en portada: Cinvestav

yas frecuentadas por casi 350 mil visitantes.

Como he mencionado en tantas ocasiones, debemos acostumbrarnos a convivir con el indeseable visitante. Y, de todos modos, atenderlo de la mejor manera posible para que no cause daños a los ecosistemas marinos y terrestres. Y a la población. Tampoco a las actividades económicas que se llevan a cabo en el litoral y de las cuales depende la vida de miles de personas. Agreguemos que desde el punto de vista ecológico, ese indeseable visitante cumple tareas importantes en la vida marina que por lo general se olvidan.

En esta segunda entrega de *La Jornada Ecológica* so-

bre el sargazo, varios investigadores nos ofrecen materiales que ayudan a clarificar lo que sucede y, de paso, ofrecen alternativas de uso para el alga citada.

A Horacio de la Cueva y a Eduardo Peters, que laboran en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores de Ensenada, CICESE, y en el Consorcio de Investigación del Golfo de México, CIGoM, mi agradecimiento por coordinar tanto éste como el anterior suplemento.

Igualmente, a los reconocidos científicos por los textos aquí incluidos, y a Laura Angulo y Estela Guevara, que con profesionalismo ayudan en la elaboración y presentación de los materiales.

*Edward M. Peters, CIGoM*  
*Sheila N. Estrada Allis, CICESE*  
*Eduardo Cuevas, Conacyt-Cinvestav/UABC*  
*Emma R. Alonzo Marrufo, CIGoM*  
 Correo-e: [edpeters@cigom.org](mailto:edpeters@cigom.org)

# El sargazo, un problema ambiental complejo que requiere innovación

La atención de problemas ambientales complejos, como es el caso del sargazo, requiere de la participación de expertos en muchas disciplinas científicas, sociales, desarrollo tecnológico e innovación para hacer frente al problema y lograr mitigarlo.

La academia por sí sola poco puede hacer para resolver el problema de forma integral, por lo que se vincula con actores esenciales como son el gobierno, la industria y la sociedad para así transitar a la atención completa de la problemática del sargazo. En un contexto de desarrollo sustentable, la salud del ambiente se convierte en la columna vertebral de los esfuerzos para contribuir a nuestro derecho de tener un ambiente sano.

La vinculación tradicional de triple hélice, con colabora-

ciones entre la industria privada, la academia y el gobierno, queda corta en sus alcances de bienestar social de nuestras comunidades. Por esto, desde el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) se impulsa la incorporación de la sociedad y el ambiente como elementos activos en la red de actores para la solución de problemas socioambientales, en lo que se conoce como *modelo pentahélice* (figura en la página 4).

El sector académico coincide con esta visión y busca operar al cobijo de este nuevo paradigma.

Actualmente, el Consorcio de investigación del Golfo de México (CIGoM) junto con otros socios y en colaboración con el Conacyt desarrollan el Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana de Sargazo (Sis-

tema), que de forma inicial en 2022 integró a un grupo interinstitucional y multidisciplinario de expertos en detección, pronóstico y ambiente en materia de sargazo, logrando la construcción de prototipo de sistema integral piloto de observación y alerta temprana de arribazones de sargazo para México.

La construcción de este prototipo significó un enorme trabajo para convertir estudios, conocimientos, experiencia e infraestructura disociada, fragmentada y desarticulada, en una ciencia integrada y articulada cuyas sinergias dan respuesta a los grandes problemas nacionales como es el caso del sargazo en el Caribe mexicano.

Para 2024 se espera contar con un sistema operacional robusto, eficiente y útil, en

el cual se conjuguen diversas capacidades desarrolladas en México que provea información clara y expedita para tomadores de decisiones y para la sociedad en general, atendiendo la problemática del arribo del sargazo en el Caribe mexicano.

El reto es desarrollar un sistema integral con información más precisa y oportuna respecto a las iniciativas existentes, cuyo diseño y operación vincule a la academia con las necesidades del gobierno e iniciativa privada, sin descuidar las necesidades de la sociedad y el ambiente (modelo pentahélice), además que traduzca el conocimiento científico para generar soluciones a problemas nacionales como las arribazones masivas de sargazo, sustentado en la articulación multidisci-

*Imagen captada en Cancún*

**Foto: Sargassum Monitoring**



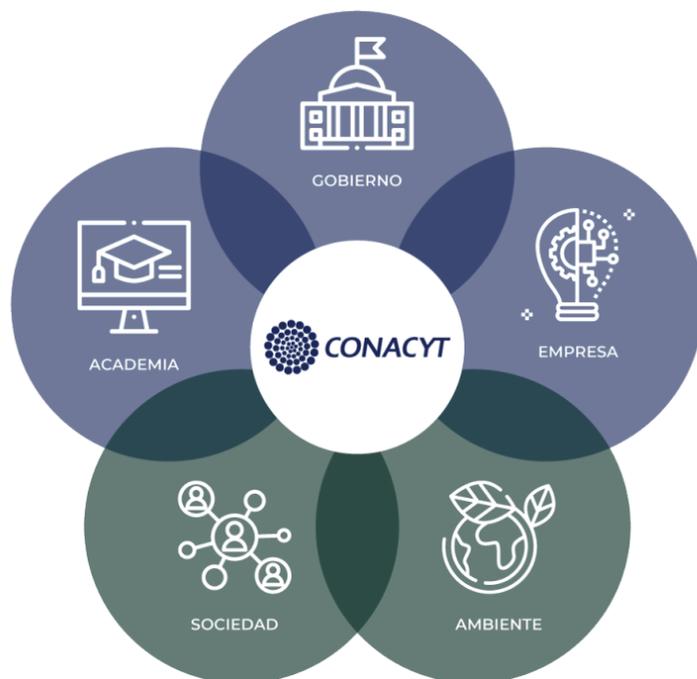


Figura 1. Modelo Pentahélice del Conacyt

plinaria e interinstitucional de las capacidades instaladas y los actores de ciencia, tecnología e innovación a nivel regional y nacional. De esta manera se contribuye a la independencia y soberanía tecnológica de México, en favor del beneficio social y el cuidado ambiental; manteniendo una visión de previsión, prevención, precaución y protección para atender este problema que pone en riesgo la sustentabilidad regional y nacional. Además, buscamos construir puentes y conexiones que contribuyan a generar sinergias sociales que den sostenibilidad al sistema, de ahí la importancia de la vinculación y gestión social.

Parte del éxito del sistema será lograr que la tecnología madure a estándares que permitan su comercialización. Desde el marco operacional de la evolución de proyectos de investigación y desarrollo, se cuenta con una guía para evaluar la madurez tecnológica de un desarrollo científico, y que cuenta con un procedimiento estándar desarrollado inicialmente por la NASA. Los niveles de madurez asignados van desde la mera idea del desarrollo hasta incluso su comercialización como producto que cumple distintas normas de calidad. Nuestro sistema para la atención del sargazo se encuentra en el primer tercio de maduración para el que se tiene un sustento científico robusto y publicado, y en el que se trabaja hacia la validación del concepto por cada uno de sus componentes (detección, pronóstico y ambiente), así como de forma integral.

Esta guía del nivel de madurez tecnológica es un refe-

rente sistematizado estándar con el cual se busca orientar el avance y documentación de las capacidades del sistema, facilitando así un crecimiento ordenado de este desarrollo tecnológico, basado en pruebas para los distintos criterios.

Para que la iniciativa de sistema de monitoreo y alerta temprana de sargazo sea exitosa se requiere que todos los actores formen parte de un todo, estén claros los objetivos y exista un beneficio de formar parte del sistema o recibir un insumo de éste. Sin embargo, como puede verse

Foto: Ecología humana/Julia Fraga

en el planteamiento y descripción de los actores, no es claro a quién le toca la responsabilidad del trabajo de vincular y gestionar para que la "pentahélice" gire y los objetivos intersectoriales del sistema se cumplan.

Si sabemos que para lograr esto se requiere que, desde la planeación del proyecto hasta su transferencia o comercialización, intervenga un grupo de gestión de proyectos –considerado en esta iniciativa–, cuya tarea, aparte de la planeación, logística, administración y seguimiento, sea la de aumentar la eficiencia y efectividad de la operación con la estandarización de los procesos y la definición de las mejores prácticas durante el desarro-

llo, vinculación e implementación del sistema.

Como podrá notar el lector, el sistema que estamos describiendo atiende en estas primeras fases solo una parte del problema, ya que nos ayuda a saber sobre el sargazo dónde está, hacia dónde se desplaza y algunas consideraciones ecológicas de esta especie. Sin embargo, quedan pendientes preguntas sobre cómo se puede remover y qué usos se le pueden dar, preguntas que se abordan en "Retos de las maquinarias y equipos para contener y coleccionar sargazo" y "Creando una economía circular para mitigar la problemática del sargazo" dentro de este mismo número de *La Jornada Ecológica*.



# Sargazo en las playas: ¿el sistema natural tiene capacidad de autorrecuperación?

Ismael Mariño, ENES-UNAM-Mérida

Cecilia Enríquez, Sisal-UNAM

Christian Appendinni, Sisal-UNAM

Briggita van Tussenbroek, ICML-Puerto Morelos

Edgar Escalante, ICML-UNAM-Puerto Morelos

Miguel Gómez, ICML-Puerto Morelos

Correo-e: imarino@cinvestav.mx

Las invasiones siempre son indeseables. Van desde la invasión de hordas de piratas y bucaneros que ultrajaban ciudades costeras del Caribe, hasta la invasión a nuestros cuerpos de alguna enfermedad o parásito que acarrear destrucción y muerte.

El sargazo invadió las paradisíacas playas del Caribe mexicano de forma inimaginable, comenzando con un nauseabundo evento durante el verano de 2015, continuando cada año hasta la fecha con reapariciones indeseables –algunas de ellas con gran vehemencia–, dejando a su paso una huella oscura y fúnebre transformadora de las costas.

Una de las mejores vías que tenemos para detectar el sargazo en el mar son las imágenes satelitales. Analizando las imágenes entre 2014 y 2020, vemos que los sitios preferidos de invasión (recurrencia) se encuentran desde el área natural protegida de Sian Ka'an hasta el megadesarrollo turístico de Cancún. En realidad toda la costa quintanarroense está afectada.

También, con imágenes satelitales se detectó sargazo en mar abierto en los años 2018 y 2019, acabando en arribazones a playa particularmente abundantes.

La figura 1 compara esta presencia de sargazo mar adentro, detectada con un satélite LANDSAT, con estimaciones de arribazones a playa capturadas con cámaras de video en la costa de Puerto Morelos, instaladas en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Las arribazones a la playa han tenido una periodicidad marcada, con invasiones de sargazo más abundantes en verano y una reducción fuerte durante otoño (septiembre a diciembre).

En 2018 y 2019 la afluencia de sargazo comenzó a ser evidente desde enero. Esta periodicidad notoria en los arribos a playa ha motivado la instauración de una "temporada de sargazo" por parte del gobierno del estado de Quintana Roo; sin embargo, su origen es todavía enigmático y la persistencia de este comportamiento podría cambiar en el futuro.

*No podemos depender de las tormentas para recuperar los ecosistemas de los efectos del sargazo, lo imperante es comprender mejor la dinámica de este fenómeno.*

## Arribo de sargazo, marea marrón y erosión de playas

El sargazo arriba a la costa por acción combinada del viento y las corrientes marinas. Sin embargo, "corrientes marinas" es un término ambiguo, su comportamiento depende de la suma de múltiples fenómenos, algunos persistentes, otros recurrentes (periódicos) y otros aleatorios (producto de coincidencias). En el Caribe mexicano existe una corriente poderosa y de amplia escala, participe de la circulación global, que se mueve consistentemente hacia el norte: la corriente de Yucatán. Esta representa la vía principal por donde el sargazo circula. Sin embargo, cambios en la orientación de la línea de costa desde Tu-

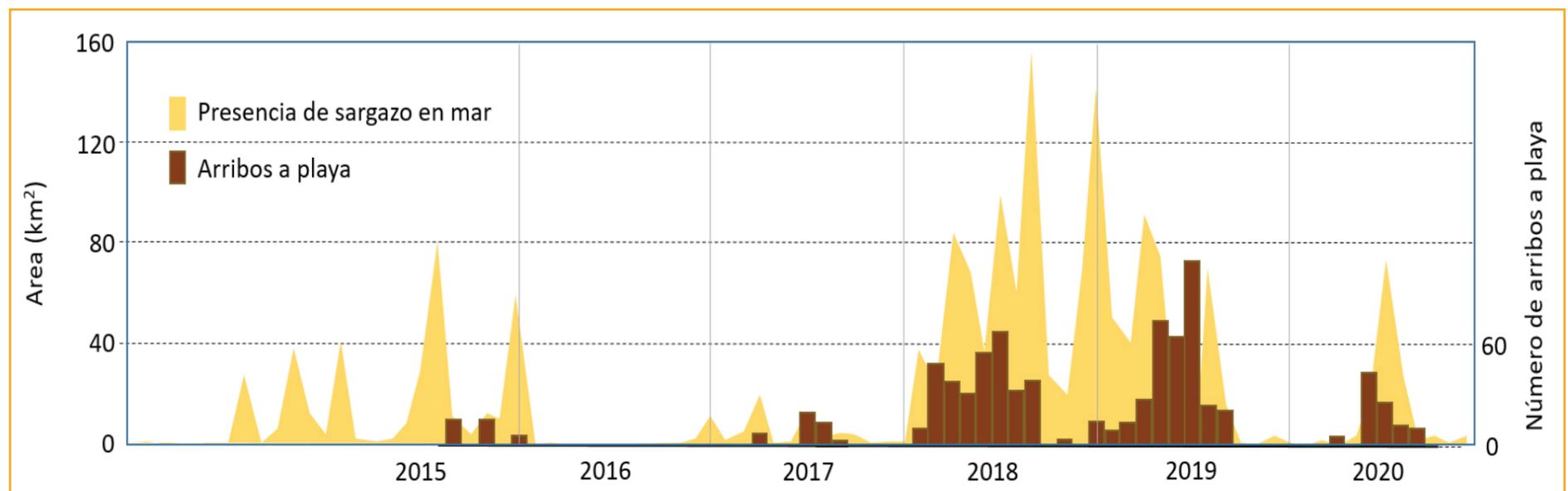
lum hasta Cancún y el arrastre superficial del viento y del oleaje (ambos predominantes del SE), hacen que el sargazo se encamine hacia las playas.

Cuando el sargazo llega a la costa, las olas se encargan de aprisionarlo contra la playa. Después, las variaciones de nivel del mar, como las mareas, lo redistribuyen pendiente arriba de la playa.

En las playas se degrada a consecuencia de su inmovilidad y desecación: pudre, contamina y tiñe la costa con un lixiviado marrón oscuro que oscurece el hábitat costero, erradicando las praderas de pastos marinos cercanas a la costa. El lixiviado se agrega a un ambiente ya impactado con gases, materia orgánica, arsénico y otros contaminantes.

Los excesos de un desarrollo costero mal planeado han producido una epidemia de erosión de playas en el Caribe mexicano, la presencia del sargazo agrava el problema. La desaparición de pastos marinos merma la protección que este ecosistema proporciona a las playas.

Figura 1. Presencia de sargazo en mar y observaciones de arribos de balsas de sargazo en playa (adaptado de artículos científicos publicados: Uribe et al, 2022; y Rutten, et al, 2021)



mayo 2023

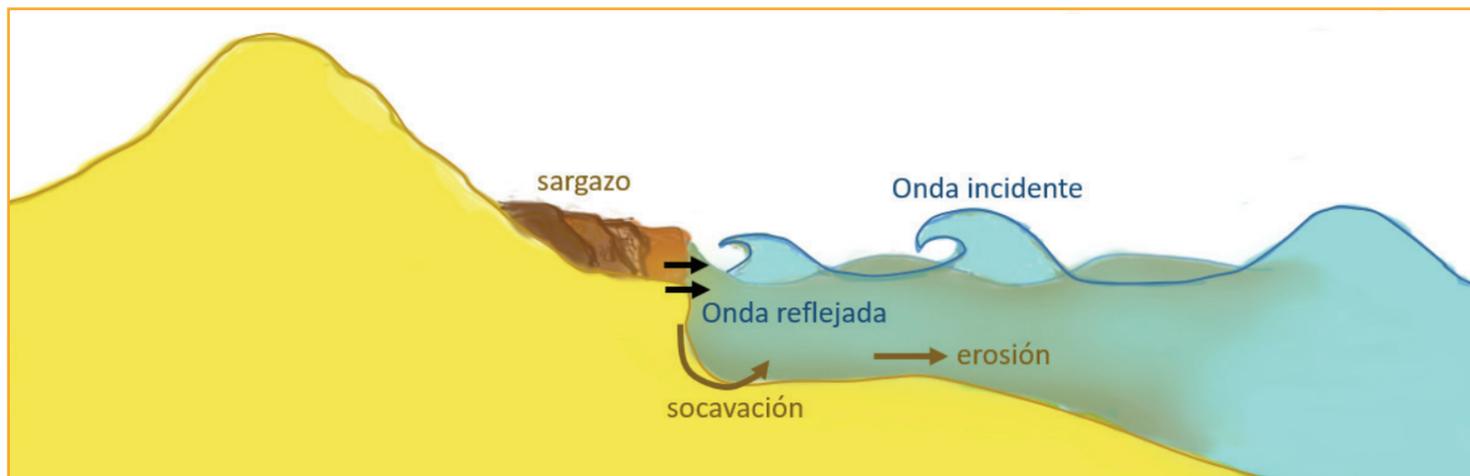


Figura 2. Posible mecanismo de erosión de playa por efecto del sargazo

Un problema conjunto es que la remoción mecánica de sargazo con maquinaria pesada irremediamente secuestra arena. Además de estos dos mecanismos de erosión de playas, existe otro posible, quizá más persistente.

En éste, el sargazo, empujado por las olas, forma un obstáculo vertical a modo de muro en la cara de la playa. Este "muro de sargazo" provoca que la ola rebote (reflexión) y en su camino de regreso al mar, la onda reflejada se fusiona con las olas incidentes, incrementando su altura y favoreciendo así la remoción de sedimento de la base del "muro de sargazo", provocando erosión de la playa (ver figura 2).

Esta desafortunada consecuencia del sargazo se suma al deterioro del ambiente costero y golpea uno de los aspectos más sensibles de la actividad turística, pues sin playa y con un hedor marrón que usurpa el tranquilizante azul turquesa del Caribe, la romántica idea de unas vacaciones caribeñas se desmotiva, impactando la economía quintanarroense.

#### Remoción natural de sargazo en playas

Un aspecto interesante a notar en la figura 1 es que la marcada periodicidad de arribazones en playa no solo depende de cuánto sargazo está viajando en mar abierto. Existen ocasiones en las que hay una gran cantidad de sargazo en el mar que no arriba a la playa, como sucedió en diciembre 2015 y enero 2019.

Esto sugiere que las condiciones de transporte que predominan mar adentro y las que existen cerca de la

costa pueden ser distintas y vinculadas a la hidrodinámica del mar para evitar que el sargazo llegue a la playa o de expulsarlo de regreso si lo logra.

Esto es notorio en lagunas arrecifales, como Puerto Morelos, donde la circulación está dominada por el efecto del oleaje que rompe en las crestas de los arrecifes (figura 3a), y es prácticamente independiente de la corriente de Yucatán. Bajo condiciones de tormenta (nortes intensos o tormentas tropicales) la acción energética de las olas en la cara de la playa puede tener la capacidad de penetrar la valla de sargazo, desmembrarla y provocar su transporte hacia la laguna arrecifal (ver figura 3b), donde la misma circulación de la laguna se encarga de expeler la macroalga al mar.

Esto ocurre preferencialmente durante otoño e invierno (época de tormentas del norte y noreste) o bajo la presencia de alguna tormenta tropical.

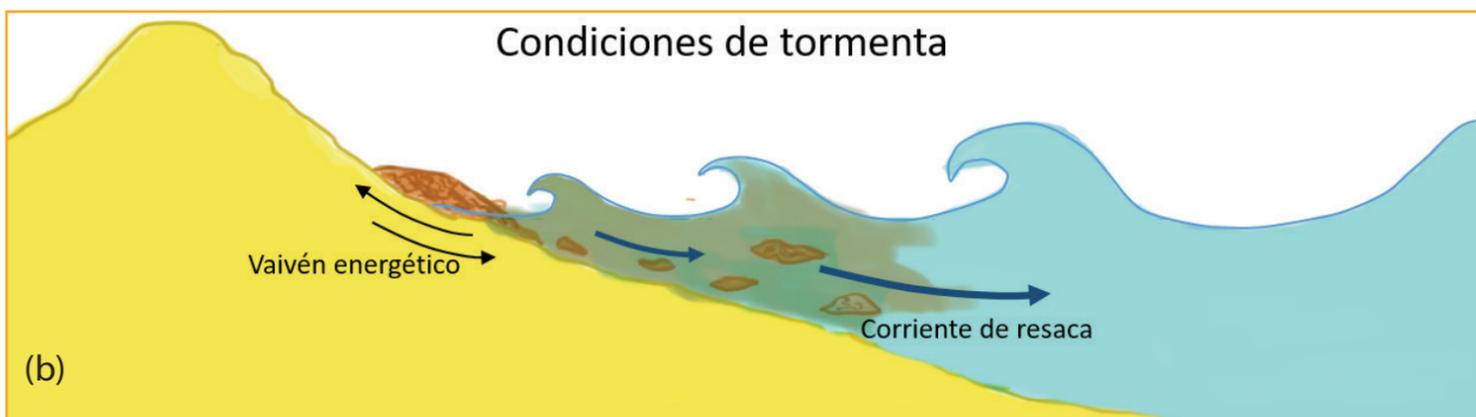
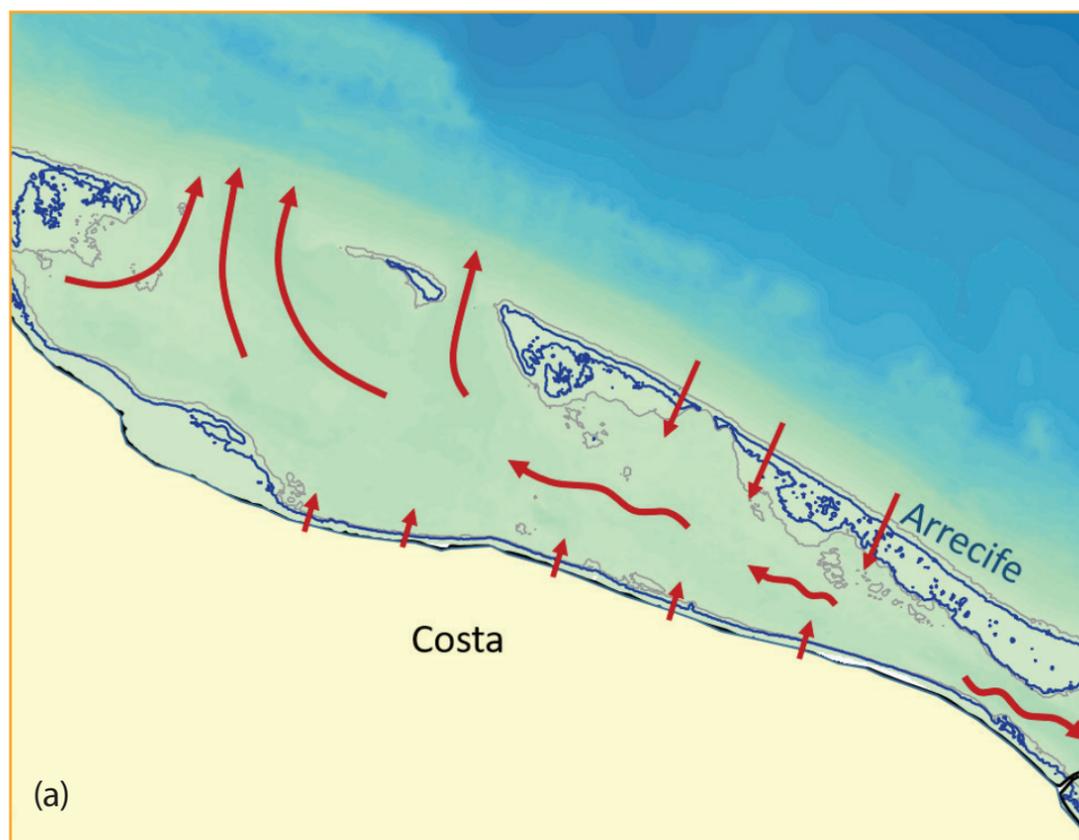
#### Capacidad autodepurativa del sistema

Cuando hay cantidades moderadas de sargazo en playa, las tormentas pueden removerlo de manera natural,

logrando restablecer el sistema. Esta capacidad depurativa se obstruye si llegan cantidades excesivas, la hidrodinámica no logra limpiar la laguna por completo, acumulando lodos en el fondo que pueden ser resuspendidos por el oleaje, impactando la calidad del agua. Bajo estas condiciones se necesitaría una tormenta muy intensa para lograr el efecto purificador.

No podemos depender de las tormentas para recuperar los ecosistemas de los efectos del sargazo, por lo que es imperante comprender mejor la dinámica de este fenómeno y buscar soluciones integrales al problema, lo que involucra, a nivel local, evitar su fertilización controlando las descargas residuales, y evitar que la macroalga se acumule en la playa, interceptándola en su camino.

Figura 3. (a) Circulación típica de una laguna arrecifal bajo condiciones de oleaje intenso. (b) mecanismo de remoción natural de sargazo en playas



Laura Carrillo, ECOSUR-Chetumal  
Alejandro J. Souza, CINVESTAV-Mérida  
Óscar Reyes Mendoza, CONACYT-ECOSUR  
Édgar Escalante, UNAM-ICML-Puerto Morelos  
Miguel Ángel Gómez, UNAM-ICML-Puerto Morelos  
Correo-e: lcarrillo@ecosur.mx

# La importancia de los observatorios costeros para mitigar el sargazo

Estamos en tiempos de grandes cambios, cada año se llegan a nuevos registros: temperaturas más altas, mayor número de tormentas, fríos más intensos, incremento de desarrollo e intensidad de tornados, por mencionar cambios muy evidentes en eventos atmosféricos atribuidos al cambio climático.

Los cambios en los océanos habían sido menos evidentes. Sin embargo, la respuesta de los océanos y las costas al cambio climático ya es percibida ampliamente. La variabilidad en la circulación oceánica global ya es un hecho. Como resultado hemos tenido la llegada masiva de sargazo a las costas del Caribe.

Aunque todavía se investigan las causas de estas arribaciones, sabemos que se trata de un fenómeno recurrente y hay previsiones de que las llegadas aumentan.

Existe una urgencia de contar con conocimiento basado en la ciencia para la toma de decisiones y sobre todo de datos robustos que las soporten.

Además de la detección de sargazo a través de la percepción satelital o vuelos de dron, es esencial la observación de otras variables para entender mejor el fenómeno. Para generar un sistema de predicción y alerta de sargazo que esté orientada de manera efectiva la contención anticipada de su arribo, es neces-

rio incorporar variables oceanográficas y climáticas.

Requerimos sistemas de observación que incorporen datos *in situ* de diferentes variables oceanográficas, atmosféricas y biogeoquímicas. Estos sistemas de observación permiten generar grandes bases de datos con información precisa, continua y sistemática. Todo esto nos permite entender la dinámica local y regional y así generar predicciones del transporte.

Las observaciones *in situ*, junto con herramientas satelitales y modelación numérica han probado tener un impacto importante en el desarrollo de escenarios de predicción de corto y mediano plazo

en otro tipo de problemáticas como los derrames petroleros (p. ej. Proyecto del Fondo sectorial Conacyt-Sener-Hidrocarburos).

“Implementación de redes de observaciones oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la exploración y producción de hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México” ejecutado a través del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM)).

Sin embargo, a la fecha no se cuenta con un sistema similar de observación en aguas costeras mexicanas que permita tomar las mejores acciones de

Foto: Gaceta UNAM





mitigación ante contingencias, tales como la presencia masiva de sargazo pelágico.

Una lección aprendida durante todos estos años con el problema del sargazo en nuestras costas es que es necesario contar con un sistema de monitoreo permanente y con un mejor entendimiento de los procesos oceánicos-costeros en el Caribe mexicano.

Los sistemas de observación de los océanos y costas consisten en una diversidad de plataformas tecnológicas dedicadas al monitoreo de parámetros oceánicos, costeros y atmosféricos, que incluyen desde instrumentos que generan observaciones *in situ* (corrientes costeras, nivel del mar, oleaje y las principales variables meteorológicas costeras, entre otros), observaciones satelitales (altura del nivel del mar, temperatura superficial del mar, imágenes de propiedades ópticas) y modelación numérica para resolver las múltiples escalas espacio-temporales del espectro de fenómenos costeros-oceánicos.

Es aquí donde los observatorios costeros juegan un papel clave para generar información *in situ* de una manera sistemática y estandarizada que contribuya al entendi-

miento y a la atención de la afluencia masiva de sargazo pelágico en las costas.

Idealmente, los observatorios costeros deben contar con todo un arsenal de equipamiento oceanográfico instalado, estaciones meteorológicas, radares de alta frecuencia, radares marinos, videocámaras costeras y una infraestructura física y humana que lo soporte y maneje.

La información debe ser obtenida siguiendo protocolos de observación con estándares internacionales. También debe contar con una plataforma *web* donde los diversos usuarios puedan consultar los productos generados e información en tiempo real de diversas variables de interés.

Su diseño debe considerar las necesidades de sus usuarios en materia de datos e información, la aplicación, la atención a fenómenos de interés con expresiones locales como por ejemplo la marea marrón y cambios en la calidad de agua de los ecosistemas costeros por efecto del sargazo.

Actualmente existen dos sitios a lo largo del litoral quintanarroense, Puerto Morelos y Xcalak, donde instituciones académicas han instrumen-

Foto: Cinvestav

tado y generado información oceanográfica, meteorológica y biogeoquímica mediante diferentes proyectos de investigación con diversos propósitos y objetivos.

Existe ya un esfuerzo para coordinar e integrar las capacidades ya instaladas y proponer el desarrollo de observatorios costeros en el Caribe mexicano.

Por varios años, este esfuerzo ha venido gestándose regionalmente por los grupos de investigación en oceanografía, meteorología y procesos costeros de instituciones de investigación de la península de Yucatán, UNAM-ICML-Puerto Morelos, UNAM-SISAL, Ecosur y Cinvestav.

Estas instituciones han escalado las observaciones y experiencias existentes, en un esfuerzo por consolidar sinergias regionales y nacionales en las propuestas interinstitucionales y multidisciplinarias como el "Sistema de Observación y Alerta Temprana del Sargazo", bajo una colaboración en el marco del CI-GoM-Sargazo que reúne las capacidades de más de 80 científicas y científicos mexicanos altamente especializados y con amplia experiencia.

Dadas las características de infraestructura física y huma-

na que requieren los observatorios costeros, se proponen dos sitios para empezar. Uno en el norte y otro al sur del estado de Quintana Roo, Puerto Morelos y Xcalak, respectivamente.

Ambos parques nacionales son sitios con lagunas arrecifales, pero con diferentes grados de desarrollo. Mientras que Puerto Morelos representa todo el potencial de desarrollo turístico, su cercanía con Cancún y Playa del Carmen garantiza servicios de conectividad y energía eléctrica, por otro lado se tiene el pueblo pesquero de Xcalak que representa a un sur rezagado con un difícil acceso, sin red de telefonía y con servicios de electricidad deficientes.

El Observatorio Costero de Xcalak es operativa y logística-mente un reto, pero este sitio es clave para entender la dinámica costera ya que su climatología oceánica es distinta a la de Puerto Morelos.

Se requiere financiamiento para el sostenimiento de los observatorios costeros en el largo plazo, por lo que es oportuno hacer efectivas las voluntades del momento dada la importancia económica que representa esta porción oceánico-costera mexicana.

Tomás Salgado Jiménez  
CIDESI

Enith Fidelia Fuentes Martínez  
Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e  
Innovación de la Ciudad de México

César Ricardo Castillo Velazco  
CIDESI

Correo-e: [tsalgado@cidesi.edu.mx](mailto:tsalgado@cidesi.edu.mx)

# Retos de los equipos y maquinarias para contener y colectar el sargazo

El sargazo pelágico, a pesar de ser una problemática ambiental internacional, en México es un tema que surge recientemente, en 2011.

La maquinaria y sistemas para contrarrestarlo siguen siendo un tema incipiente; no existe actualmente la maquinaria y equipo especializado para mitigar eficientemente esta problemática, provocando consecuencias asociadas entre las que se encuentran afectaciones ambientales, económicas, sociales e industriales, perjudicando directamente al turismo de la región.

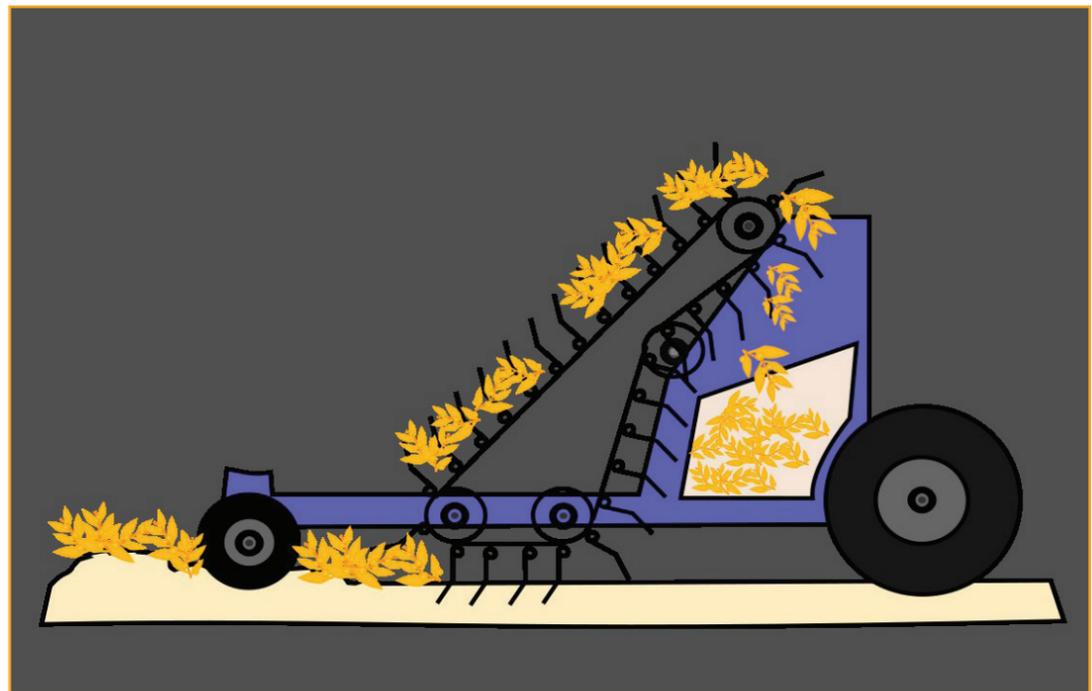
Para atender la problemática del sargazo en México, tanto los gobiernos locales como los estatales han definido estrategias y planes de trabajo, enfocados a mitigar las afectaciones en sus regiones.

Paralelamente, el gobierno federal ha designado a la Se-

cretaría de Marina (Semar) en la tarea de la colecta de sargazo en mar y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) ha definido una agenda científica, tecnológica y de innovación para la atención del sargazo.

En concordancia con dicha agenda la Semar y el Conacyt abrieron una convocatoria para atender demandas específicas. Atendiendo a la convocatoria, el Centro de Ingeniería y Desarrollo industrial (Cidesi) colaboró en un trabajo de investigación que permitió tener los primeros estudios en su tipo, "de llave en mano", respecto a la toma de decisiones para la selección de maquinarias más adecuadas y eficientes para contener, cosechar en mar y colectar en playa el sargazo.

Con la finalidad de indagar el impacto que ha tenido el fenómeno del sargazo en

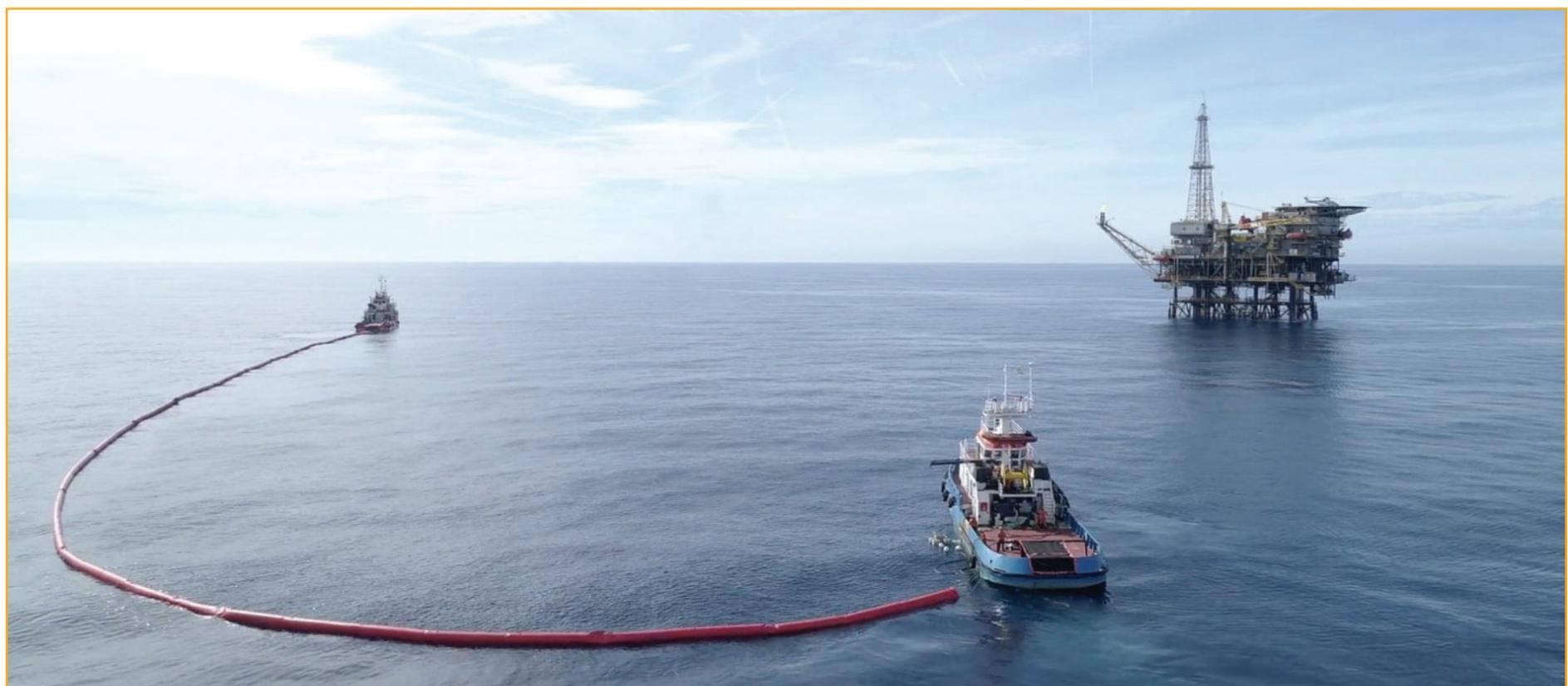


Recolectora de sargazo en playa

Barrera contenedora de sargazo

las tecnologías de interés, se realizó un *Estudio de vigilancia tecnológica internacional* en colaboración con la Coordinación de Transferencia Tecnológica del Cidesi.

Con este estudio fue posible analizar la tendencia tecnológica en torno al sargazo, arrojando un resultado de más de 3 mil 79 patentes, analizadas por tecnólogos e





investigadores del Cidesi. Algunos resultados se listan en la tabla de la página siguiente.

Las maquinarias y sistemas que actualmente se emplean para contrarrestar y aprovechar el sargazo originalmente fueron desarrolladas para otro tipo de problemáticas, por ejemplo:

**Barreras:** fueron utilizadas para contener derrames petroleros y contaminantes sólidos en aguas de poco oleaje.

**Recolección en playa:** fueron adaptadas de aparatos para la limpieza de basuras y desechos sólidos en playas que además pudiesen estar ligeramente enterrados en la arena.

**Cosechadoras en agua:** inicialmente fueron usadas para

recoger plantas acuáticas en lagos y presas con rueda de palas para su propulsión.

Una característica del sargazo que dificulta las tareas de contención, recolección y aprovechamiento, es su descomposición natural, lo que da a lugar que se clasifique en: fresco, en etapas tempranas de descomposición, descompuesto y seco. Como se ilustra en la foto, es común encontrar en la

*Cosechadora en agua*

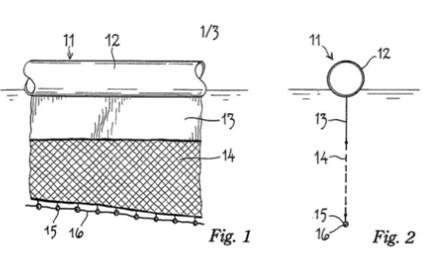
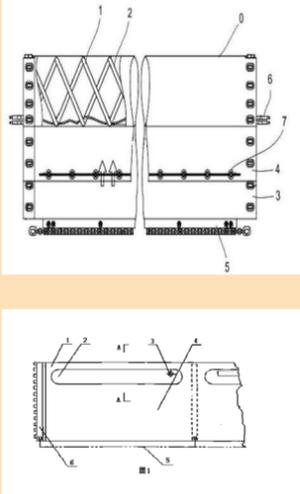
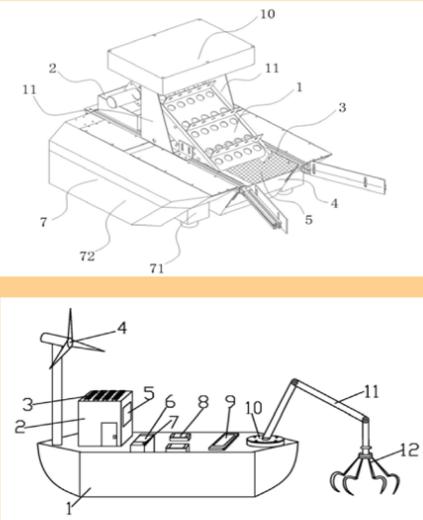
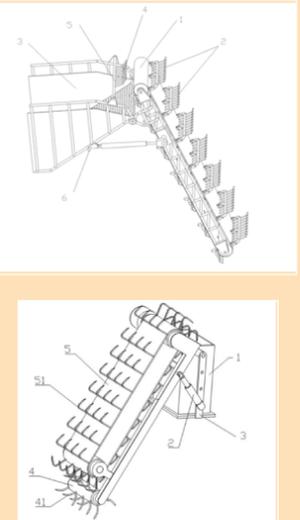
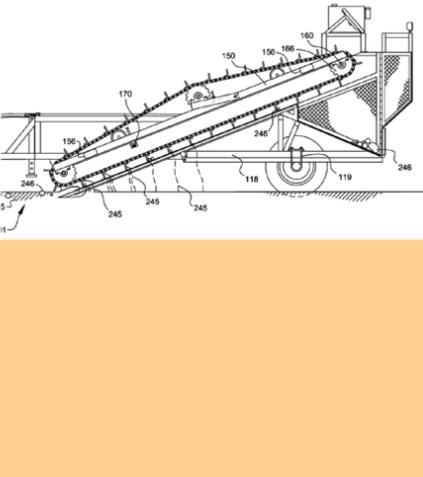
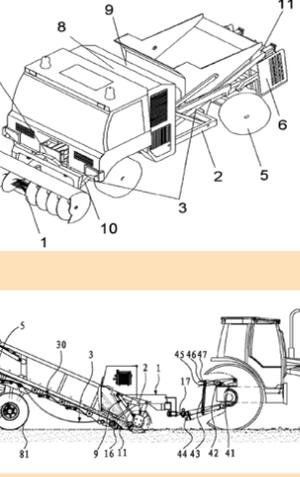
*Foto: AGUA.org.mx*

playa sargazo en varios estados de descomposición.

Al ser concebidos para otras problemáticas las maquinarias y sistemas utilizados actualmente y "adaptadas" al sargazo, no contemplan alguna compensación el estado del sargazo. Dentro de la recolección de sargazo, la única etapa donde es eficiente su recolección es cuando se encuentra fresco y preferentemente co-

sechado desde el mar. El sargazo fresco es más requerido porque se puede aprovechar sustancialmente. Otro factor no menos importante para considerar en las maquinarias es el cumplimiento de la normativa de la Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). Esta normativa establece las especificaciones técnicas para la remoción y el manejo de sargazo.



Tecnología	Esquemas	Novedad	Notas tecnológicas
<p><b>Barreras</b></p> 		<p>Incremento mundial considerable de solicitudes de patente y modelos de utilidad a partir de 2015. Se sugiere analizar patentes vigentes para evitar infringir las leyes de propiedad intelectual.</p> <p>Según la dinámica de protección intelectual, ninguna se encuentra en declive: la barrera está en la parte intermedia de su ciclo evolutivo. La cosechadora en agua y la recolectora en playa continúan en desarrollo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Tecnología con un porcentaje de patentes que ya no están vigentes de alrededor del 40 por ciento, invitando a reflexionar en un trabajo de análisis técnico de estas patentes y utilizar algún modelo liberado con mejoras para el sargazo.</li> <li>▼ Las mejoras tecnológicas patentadas fueron barreras infranqueables de sargazo, remolcado fácil y barreras plegables.</li> <li>▼ Países con más patentes: China, Corea del Sur, Japón y Estados Unidos.</li> </ul>
<p><b>Cosechadoras de agua</b></p> 		<p>Las tecnologías de pre-procesamiento como triturado, secado y compactado de sargazo se encuentran en etapas maduras de su desarrollo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Las tecnologías patentadas fueron sistemas mecánicos para la recolección mediante: dispositivos helicoidales, pala, garra, cinta transportadora, etc. También se protegen barcasas autónomas y sistemas de succión (este último no cumplen con normativa vigente).</li> <li>▼ Módulo mecánico para convertir a una embarcación común de tamaño mediano en sargacera.</li> <li>▼ La recolección en el agua cerca de la costa es preferible para evitar la remoción de arena.</li> <li>▼ Países: China, Japón, Rusia y España.</li> </ul>
<p><b>Recolección en playa</b></p> 			<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Las tecnologías patentadas fueron: vehículos anfibios, sistemas de vibración para disminuir la remoción de arena, vehículos autónomos, modos de operación de las máquinas, etcétera.</li> <li>▼ Países: China, Japón, Estados Unidos y Corea del Sur.</li> </ul>

### Conclusiones

La comunidad científica está de acuerdo en que el fenómeno del sargazo seguirá presentándose en los próximos años, poniendo a prueba la resiliencia de los ecosistemas del Caribe mexicano, la habilidad tecnológica y la creatividad de la industria turística.

Se considera primordial crear soluciones tecnológicas innovadoras y direccionadas específicamente a la problemática del sargazo, de acuerdo con las condiciones regionales de los diferentes tipos de playas del Caribe mexicano, ya que las tecnologías disponibles actualmente no son ni suficientes, ni eficien-

tes, para la mitigación de las problemáticas derivadas del sargazo.

Se requieren grupos multidisciplinarios para atacar el sargazo desde la investigación básica con estudios de impacto social, ambiental, económico y políticas públicas adecuadas para la regulación del sargazo, para su

aprovechamiento y para su disposición.

También se requiere de la investigación aplicada y desarrollo tecnológico de equipos, maquinarias y dispositivos para el procesamiento del sargazo, ya sea de manera industrial para su aprovechamiento o disposición final como desecho.

# ¿Llegará o no llegará? ...ésa es la cuestión

Ma. Eugenia Allende-Arandía, UNAM-II-LIPC-Sisal

Christian M. Appendini, UNAM-II-LIPC-Sisal

Rodrigo Durán, NETL-U.S. DOE Albany, OR, USA

Ricardo Quintana-Barranco, UNAM-II-LIPC-Sisal

Correo-e: mallendea@ingen.unam.mx

Desde hace más de dos décadas, las costas del Caribe mexicano han sido testigo de la llegada masiva de sargazo. Al comienzo, en el año 2011, los científicos creían que estos eventos estaban relacionados con cambios en las condiciones físicas del agua y la atmósfera, ya sea por causas naturales o antropogénicas.

Sin embargo, con el paso del tiempo, la frecuencia y cantidad de sargazo que llega a México ha aumentado. Hoy en día, estos eventos ya no son considerados anómalos y han evolucionado de ser un problema local a un problema nacional.

El impacto del sargazo en las playas del país afecta a varios sectores, incluyendo el social (principalmente la salud), ambiental y económico. Por lo tanto, es una situación que requiere una solución conjunta entre instituciones académicas, de gobierno y la sociedad.

El sargazo es un alga pelágica que flota sobre la superficie del océano, desplazándose con las corrientes, los vientos y el oleaje. Para entender cómo se transporta el sargazo, es imprescindible conocer la dinámica del océano y los procesos que la influyen, modulan y modifican.

De esta forma, los científicos buscamos comprender los

procesos que transportan el sargazo y así poder pronosticar las trayectorias más probables y determinar su camino del mar profundo hasta la costa.

Para realizar estos pronósticos, utilizamos modelos numéricos que simulan el movimiento del océano y utilizan partículas virtuales que se mueven con las corrientes superficiales. Con estas partículas se puede estimar su trayectoria y la época del año en que podría arribar el sargazo, así como la cantidad y la ubicación en la que podríamos esperar que arribe.

Estos modelos consideran las variables físicas más impor-

tantes para el desplazamiento y la trayectoria que sigue el sargazo, siendo las más importantes las corrientes marinas, el oleaje, el efecto del viento sobre la superficie del océano, la morfología de la costa, el efecto del fondo marino y el efecto de los ambientes costeros (arrecifes, lagunas, ciénagas) en la región del Caribe mexicano en el estado de Quintana Roo, México.

Implementar un pronóstico numérico tiene grandes desafíos, comenzando por el desafío que representa el uso de distintas aproximaciones para incluir las variables físicas y su contribución en la dinámica superficial del mar,

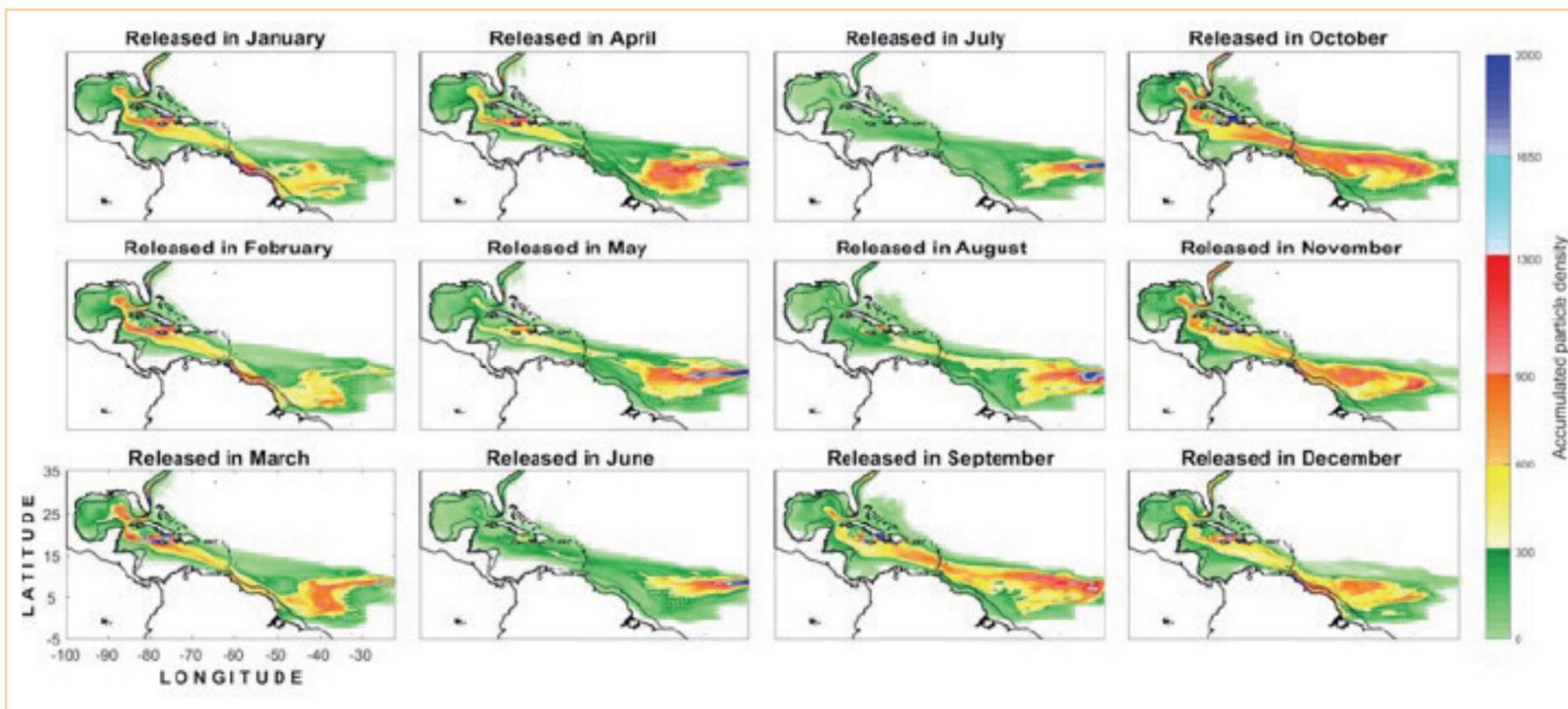


Figura 1. Experimentos numéricos de partículas virtuales liberadas en el Atlántico Ecuatorial. Los colores indican la suma acumulada mensual de las partículas virtuales considerando el 1 por ciento de la magnitud del viento como un forzamiento en la superficie del agua (corrientes más 1 por ciento del viento)

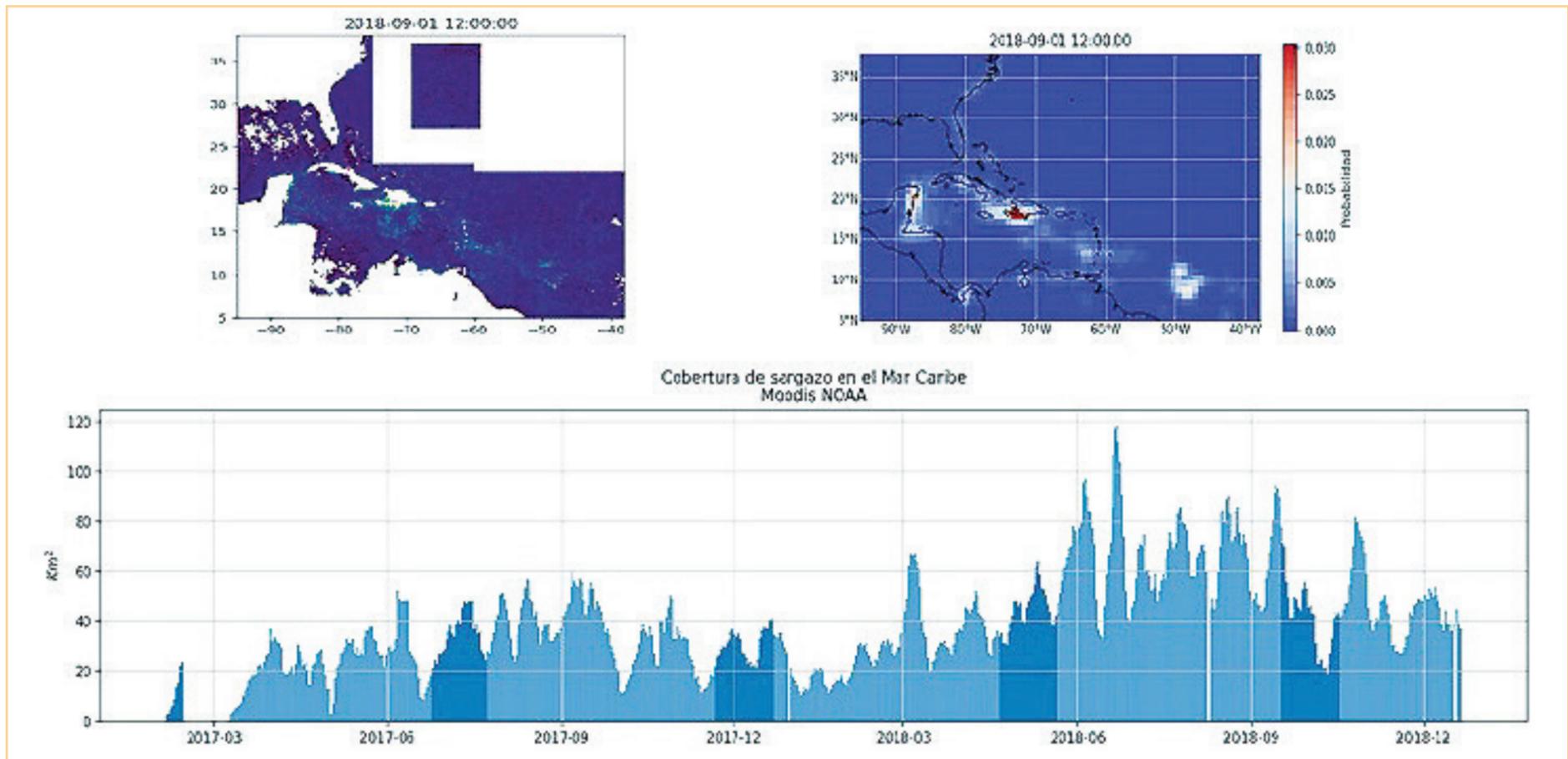


Figura 2. Identificación de las manchas de sargazo mediante sensores remotos (imágenes de satélite)

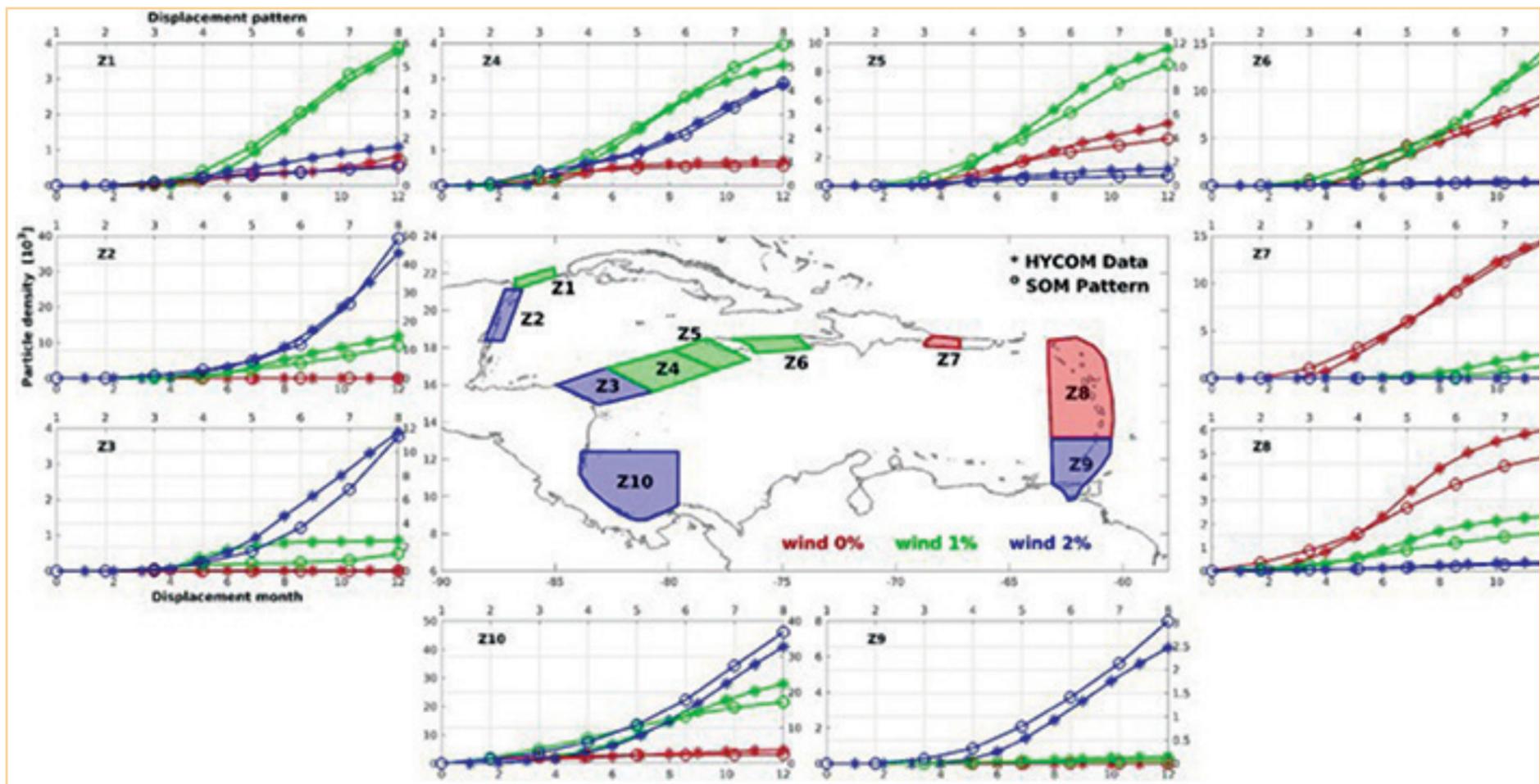


Figura 3. Suma acumulada de partículas virtuales en diferentes zonas en la cuenca del Mar Caribe. Las partículas se acumulan en diferentes regiones dependiendo de la magnitud del viento

como puede ser la contribución del viento y el oleaje, al transporte.

Siendo que el sargazo es un organismo vivo, las cantidades de esta alga también están in-

fluenciadas por las condiciones físico-químicas del mar, ya que su biología responde a la disponibilidad de nutrientes en el agua. De esta manera, los modelos numéricos de

transporte de sargazo (como partículas virtuales), deben simular su crecimiento para tener una correcta estimación de los volúmenes que se espera que lleguen a la costa.

Sin embargo, tenemos otro desafío más que atender, y es el de conocer su ubicación en el Caribe, ya que su posición es determinante para iniciar los modelos de transporte y

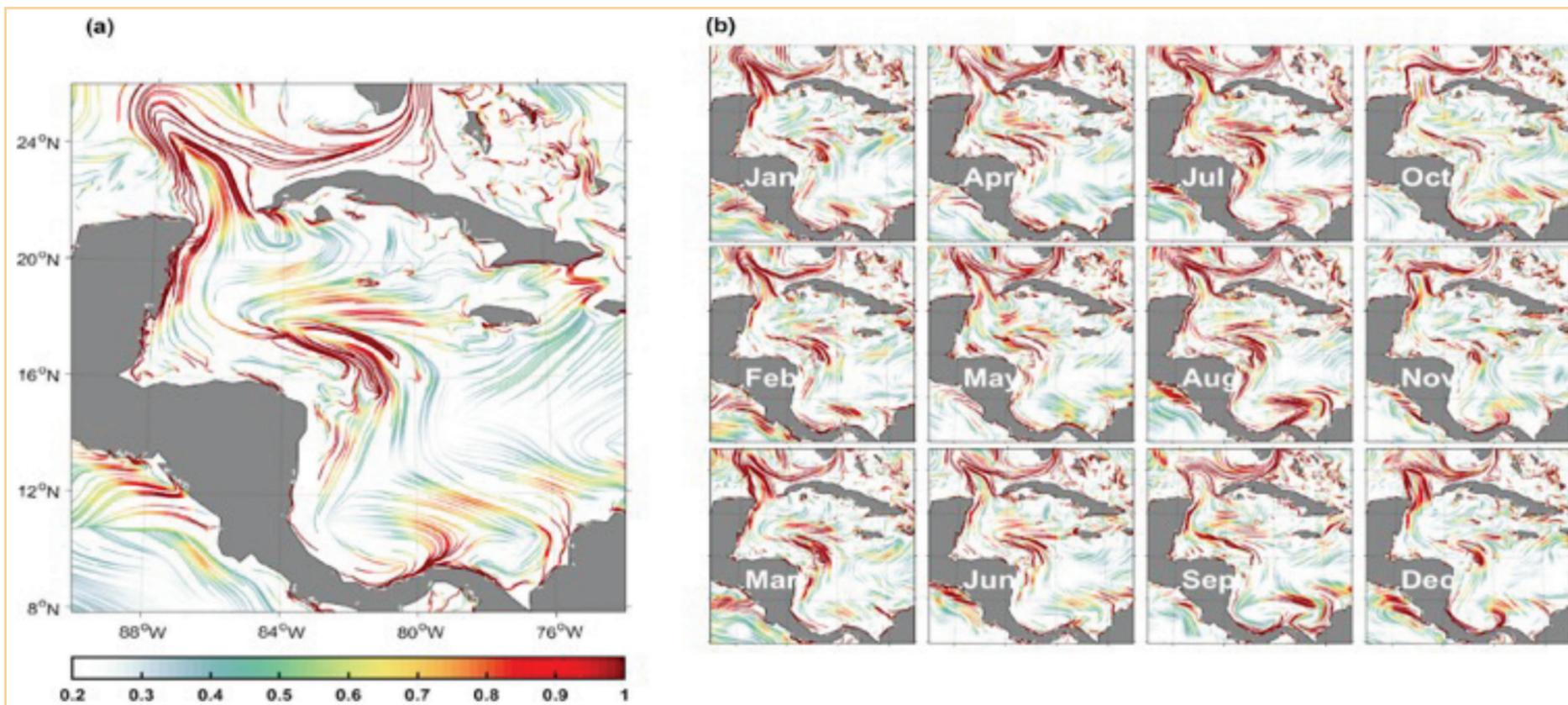


Figura 4. Barreras naturales originadas por las corrientes que forman canales de transporte. Estos canales permiten que las partículas lleguen a la costa de Quintana Roo o continúen su camino hacia el Golfo de México y esto depende del viento

estimar la ruta por la cual llegará a las zonas de interés.

Estos desafíos requieren de un trabajo multidisciplinario en el cual se involucran pruebas de laboratorio y mediciones *in situ* para estimar tasas de crecimiento, volúmenes de sargazo que conforma una balsa en mar abierto (se han reportado espesores de centímetros hasta algunos metros de profundidad), detec-

ción del sargazo por sensores remotos, entre otros.

El objetivo de llevar a cabo pronósticos numéricos es proporcionar información útil a las instituciones encargadas de tomar decisiones, al igual que un pronóstico meteorológico.

El reto consiste en lograr tener un pronóstico preciso, que minimice los errores numéricos y la incertidumbre de es-

tas herramientas numéricas, lo cual requiere una colaboración interdisciplinaria de expertos en diferentes áreas del conocimiento.

Hasta ahora se han logrado avances significativos en el campo oceanográfico, identificando barreras naturales y rutas de transporte, pero aún se requiere explorar y considerar las condiciones ambientales para estimar el crecimiento.

El grupo de trabajo de modelación numérica conformado para abordar el problema del sargazo continúa sus esfuerzos para lograr una herramienta de pronóstico operacional que atienda este problema, brindando información valiosa para la Secretaría de Marina, para que tome medidas efectivas que logren mitigar los impactos del sargazo en playas del Caribe mexicano.

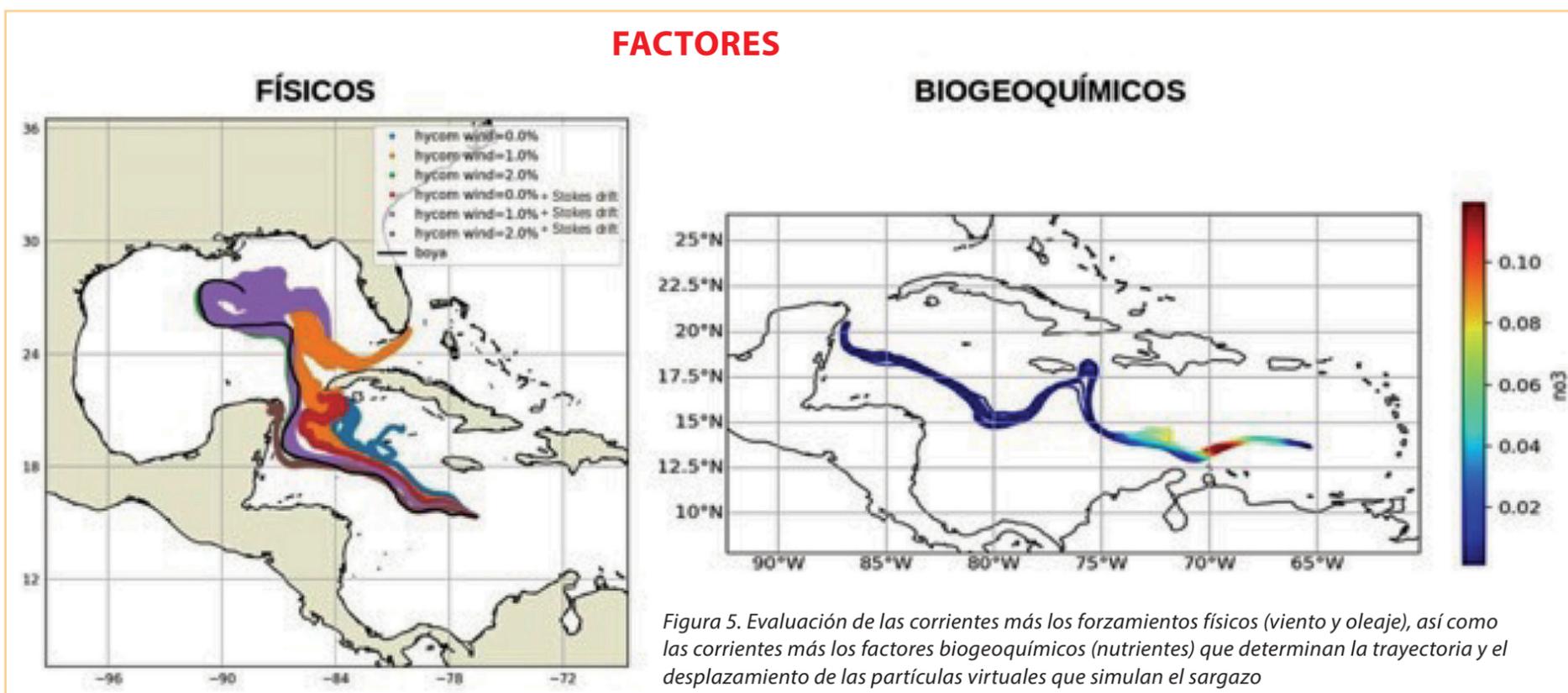


Figura 5. Evaluación de las corrientes más los forzamientos físicos (viento y oleaje), así como las corrientes más los factores biogeoquímicos (nutrientes) que determinan la trayectoria y el desplazamiento de las partículas virtuales que simulan el sargazo

**Shin Haneji**  
JDS Ecosofía SA de CV

**Hajime Haneji**  
Musashino University,  
Graduate School of Environmental Sciences

**Edward M. Peters**  
Consortio de Investigación del Golfo de México,  
CIGoM  
Correo-e: edpeters@cigom.org

# Crear una economía circular para mitigar la problemática del sargazo

El sargazo tratado como residuo sólido es causal de problemas tales como la emanación de gas metano al confinarlo en tiraderos de basura y rellenos sanitarios; por su capacidad de bioabsorción, la generación de lixiviados ácidos debido a su afinidad a acumular compuestos sulfurados; así como emanaciones de arsénico y metales pesados tóxicos.

Contribuye a emitir gases de efecto invernadero con efectos más graves en comparación al dióxido de carbono; afecta la capa freática bajo los sitios de disposición final, acidificando y contaminando con arsénico y metales pesados;

además, es una amenaza para futuros hundimientos de terreno, ya que las formaciones geológicas de la península de Yucatán están constituidas por capas kársticas.

La reacción ácido-álcali entre el ácido sulfhídrico que se genera durante la descomposición del sargazo y los carbonatos de calcio de las formaciones kársticas, inducirían la dilución de las últimas.

La figura 1 muestra la actual situación del manejo del sargazo recolectado junto con los residuos municipales en el Estado de Quintana Roo.

Actualmente, la Secretaría de Marina (Semar) recolecta sargazo en la zona litoral

mediante balsas sargaceras; simultáneamente, los administradores de hoteles y los organismos municipales realizan recolección, transporte y disposición final del sargazo.

Eventualmente, grupos de voluntarios se unen a estas faenas organizadas por el gobierno del estado de Quintana Roo y los municipios de la Riviera Maya.

El sargazo recolectado se dispone generalmente en tiraderos controlados y rellenos sanitarios administrados por las respectivas municipalidades, con las consecuencias mencionadas.

Ante esta situación, proponemos la introducción de dos

sistemas de tratamiento de residuos, con dosificación controlada de sargazo, mediante la introducción de una economía circular en Quintana Roo.

En forma paralela, otro sistema para el aprovechamiento del sargazo como materia prima para la fabricación de plásticos biodegradables; así como la extracción y refinación de sus constituyentes, tales como el polisacárido conocido como fucoidán y los alginatos, todos con aplicaciones en la industria de farmacéutica y alimentaria.

Primer sistema: incineración de residuos combustibles con generación de energía eléctrica bajo las especifica-

Figura 1. Manejo actual del sargazo como residuo sólido

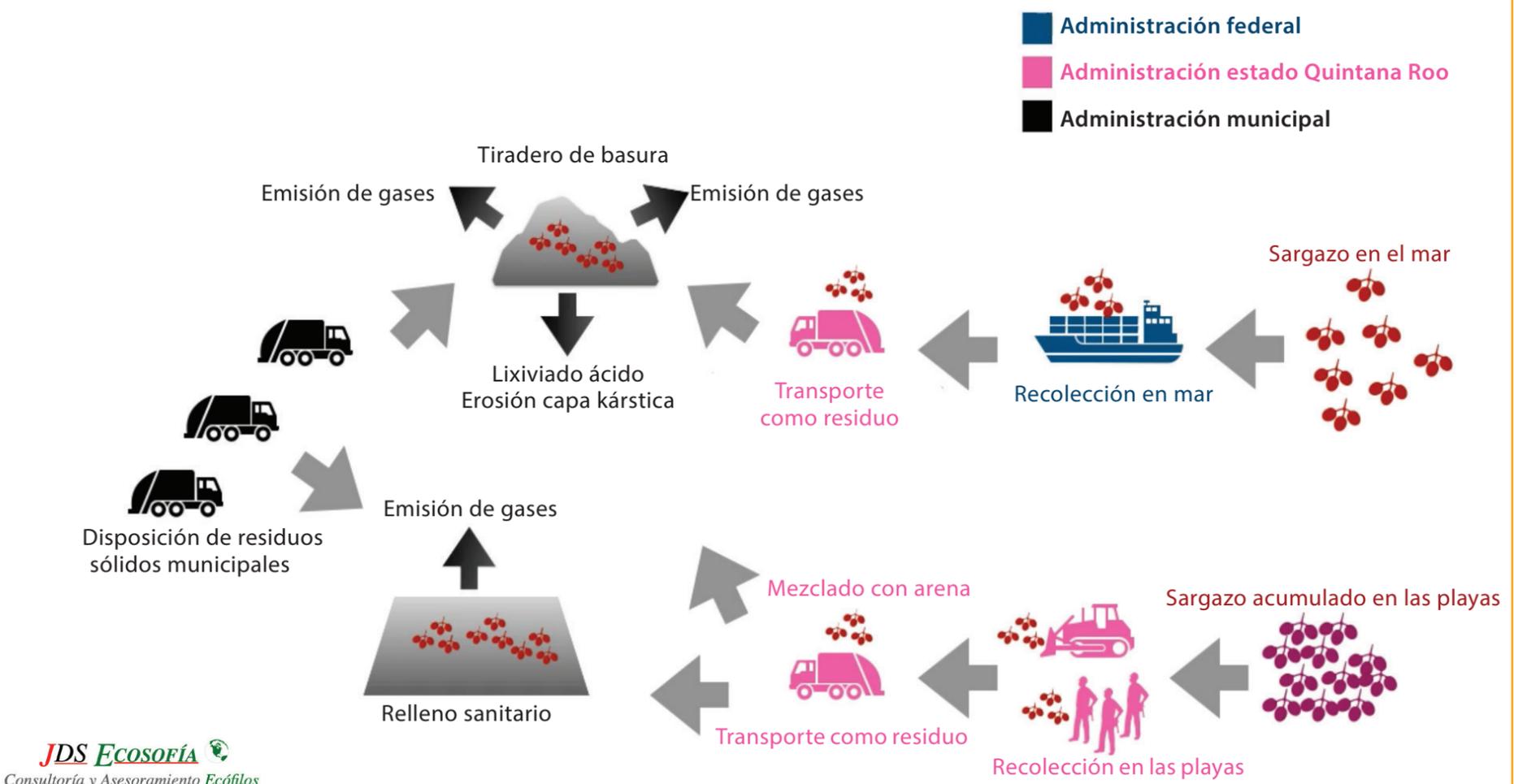
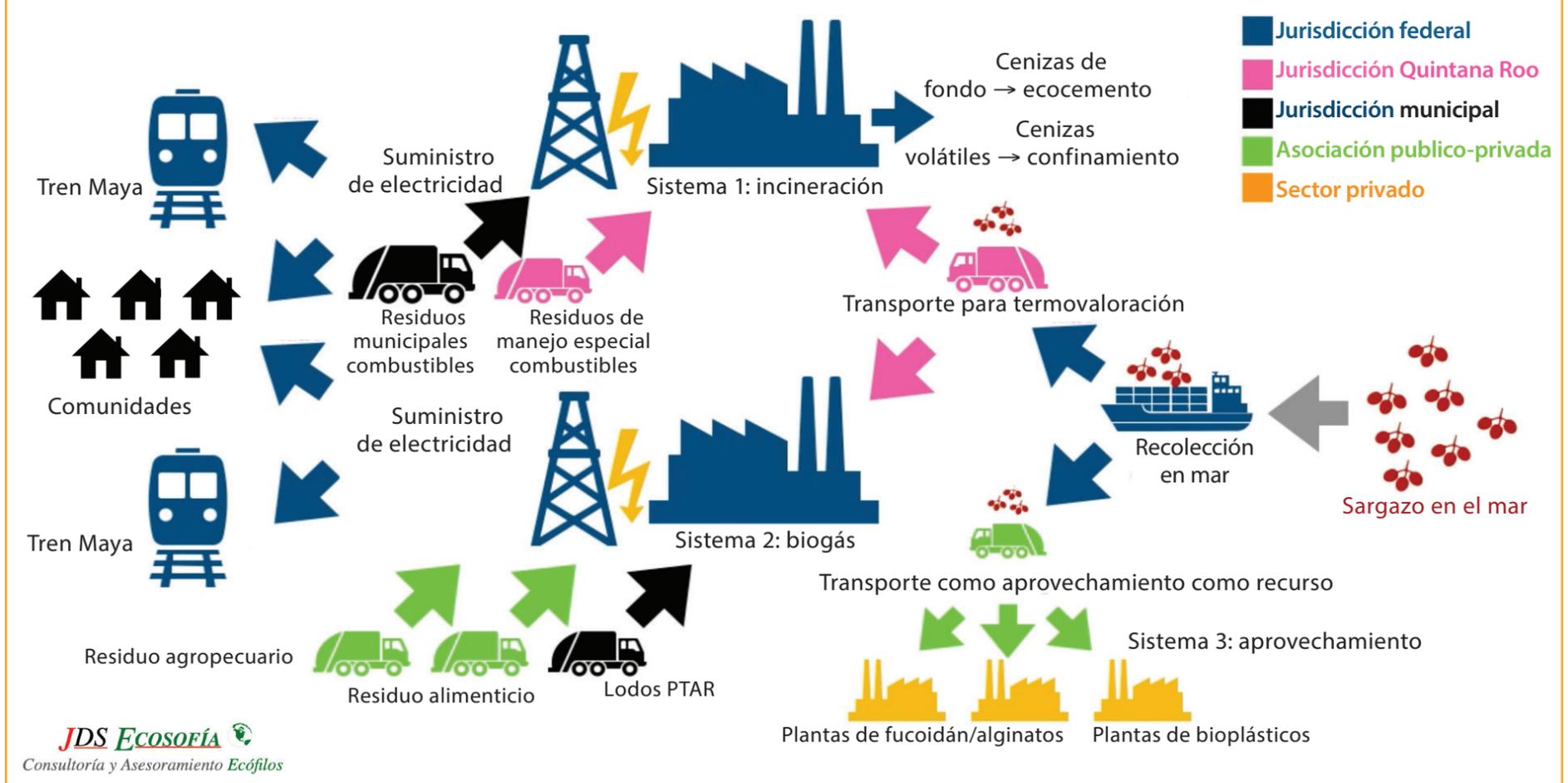


Figura 2. Economía circular: sargazo-residuos sólidos de Quintana Roo



ciones de las guías BAT (mejores técnicas disponibles, en Inglés) de la Unión Europea.

Este sistema trataría a todos los residuos combustibles que manejan los municipios del estado de Quintana Roo junto con el sargazo recolectado, proporcionalmente a la dosificación permisible.

Segundo sistema: de producción de biogás, también con generación de energía eléctrica bajo las especificaciones de las guías BAT.

La producción del biogás se realizaría de modo conjunto con los lodos que se desechan en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), residuos orgánicos de las actividades agropecuarias e industria alimentaria. Como en el primer sistema, se procesará al sargazo dosificado a tasas permisibles.

Tercer sistema: Aprovechamiento del sargazo como materia prima. Es posible fabricar plásticos biodegradables mediante la mezcla de sargazo con celulosa y almidón, obteniéndose *pellets* con diferentes periodos de degradación.

Asimismo, existen desarrollos para la producción del fucoidán cuyas investigaciones como medicamento on-

cológico se encuentran muy avanzadas. También se desarrolla la separación y refinación de diversas formas de alginatos con aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica.

La figura 2 muestra los sistemas propuestos con los posibles actores en concordancia con las jurisdicciones pertinentes.

Al generar electricidad en los primeros dos sistemas propuestos, creemos adecuado que tanto las plantas de incineración y la de producción del biogás sean operadas por una institución como la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

La electricidad generada podría ser "inyectada" a la red de suministro del estado y eventualmente utilizada en el sistema del Tren Maya, si se opta por trenes eléctricos.

Estos sistemas de generación eléctrica dependen del suministro de los residuos que son sus "combustibles". La Semar deberá recolectar sargazo en los litorales y entregarlo al estado de Quintana Roo, que deberá transportarlos a las plantas de CFE, ya que es conveniente tratar estos residuos de sargazo como

residuos de manejo especial, en aplicación a las leyes federales y estatales en materia del manejo de residuos sólidos.

Simultáneamente, la oficina de la Zofemat (Zona Federal Marítimo Terrestre) que se encarga de la recolección del sargazo en las playas, contará con la opción de entregarlo también a CFE para su "termovalorización".

Las alcaldías pudieran entregar sus residuos municipales combustibles al primer sistema de incineración –luego de una enmienda a la ley estatal de manejo de residuos permitiendo su tratamiento mediante incineración.

Ello evitaría su confinamiento en sitios de disposición final y del mismo modo que el sargazo, sería materia de termovalorización.

En cuanto al segundo sistema, una asociación público-privada, recibiría las entregas de los residuos orgánicos que involucra a los sectores agropecuario, industria alimentaria, y los administradores de PTAR.

En los meses de arribazón de sargazo a la costa, tanto Semar como Zofemat tendrán sus sendas funciones reco-

lectando y transportando los bultos de sargazo a la planta de biogás.

Se sugiere que este sistema sea diseñado en forma coordinada con los administradores del programa Sembrando Vida, dado que los residuos orgánicos que generarían tanto la industria de las frutas como la forestal, también podrán ser materia de valorización energética.

Estos dos sistemas propuestos de generación de energía operarían de modo continuo, independientemente de la existencia del sargazo. No obstante, serán instalaciones que servirán para contribuir a solucionar los problemas que ocasiona el sargazo.

El tercer sistema operaría dependiendo de la existencia del sargazo, obligando a la necesidad de crear un esquema que permita su viabilidad económica.

Siendo los actores inversionistas del sector privado, requerirán apoyos tanto para los gastos de inversión del proyecto y sus consecuentes gastos de operación. Para la inversión sería pertinente otorgar créditos de instituciones financieras de cooperación, avalados con garantías

Figura 3. Visión de economía circular manejando los residuos sólidos y sargazo en Quintana Roo



del gobierno estatal, y para la operación un mecanismo público-privado estableciendo un precio social para el suministro del sargazo por parte de Semar o el estado de Quintana Roo.

La figura 3 muestra una visión de esta propuesta de economía circular desarro-

llándose en forma estrecha con el proyecto Tren Maya, si se opta por trenes eléctricos.

Sobre el particular se encuentra disponible una presentación en video que se preparó para la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA) que puede ser apreciado en el sitio de Vimeo ht-

[tps://vimeo.com/manage/videos/775976551](https://vimeo.com/manage/videos/775976551).

El esquema aquí propuesto de economía circular para contribuir a mitigar la problemática de sargazo en el Caribe mexicano es armónico con el modelo pentahélice que propone el gobierno federal de México a través de Conacyt, ya

que se trata de una propuesta de innovación tecnológica que incluye a los actores de las cinco hélices o esferas: gobierno, industria, academia, sociedad y ambiente, necesarias para incidir, no solo en la atención del problema, sino en el desarrollo sustentable de la región.

Foto: La Pancarta de Quintana Roo



# Sargazo en el Golfo de México, ¿el gran olvidado?

**Eduardo Cuevas**  
Conacyt-Cinvestav/UABC

**Abigail Uribe Martínez**

Instituto de Ingeniería, UNAM, unidad Sisal/CIGoM

**María de los Angeles Liceaga Correa**

Cinvestav-Mérida

Correo-e: eduardo.cuevas@uabc.edu.mx

Fue en el Golfo de México (GoM), en el año 2011, cuando se detectaron las primeras evidencias del incremento inusual de la presencia del sargazo pelágico en el Atlántico norte.

Ante el reporte de este incremento, la Universidad del Sur de Florida inició su programa de monitoreo satelital denominado "Sargassum Watching System (SaWS)" en el que incluyó desde su inicio el oeste del Golfo de México y el poniente de la península de Florida.

A su vez, dados los registros históricos de arribazones de sargazo pelágico en la costa de Texas, la Universidad de Texas A&M impulsó la construcción de un sistema de alerta temprana ("Sargassum Early Advisory System (SEAS)") al servicio de su estado.

En México, en 2015 el Cinvestav-IPN, Unidad Mérida, comenzó la detección y monitoreo de la cobertura de sargazo pelágico en el mar territorial mexicano del Golfo de México, ligado al estudio de los hábitats pelágicos de los estadios juveniles de tortugas marinas.

Esta investigación se realizó en el marco del proyecto del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM).

Para el litoral mexicano del GoM existen reportes verbales informales y publicaciones de prensa en línea sobre el arribo de sargazo en cantidades inusuales a las costas de Tamaulipas; esto no es extraño dadas las evidencias publicadas para el norte del GoM.

En este contexto, en el Laboratorio de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica del Cinvestav



Mérida, construimos una línea base con 24 meses (2014-2015) de detección de la cobertura del sargazo pelágico en el mar territorial mexicano del Atlántico.

Para esto se analizaron más de mil imágenes Landsat 7 y 8 (píxel de 30 x 30 m) provistas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés).

Se identificaron sitios índice de monitoreo de sargazo (SIM) en regiones de interés por los procesos oceanográficos de mesoescala y por su contexto natural y humano.

En el año 2014 se detectó la mayor cobertura de sargazo pelágico en el norte y oeste del mar territorial mexicano en el GoM, particularmente en los meses de enero y de mayo a agosto. De septiembre a di-

Foto: Ecología Humana/Julia Fraga

ciembre la cobertura del sargazo fue mucho menor.

En el caso del Caribe mexicano, solamente en el mes de noviembre se detectó una cobertura sobresaliente de sargazo en las aguas adyacentes, aún no se presentaban las grandes cantidades que ocurrirían en los siguientes años.

La situación en 2015 fue distinta, se detectaron cantidades importantes de sargazo pelágico al oeste del GoM, frente a Tamaulipas, y posteriormente no se detectó más sargazo en grandes cantidades; mientras que para el Caribe mexicano, en los meses de julio y agosto se detectó una cantidad relevante de sargazo en la zona marina adyacente a Quintana Roo.

Éste fue el primer año en que se encendió la alarma de

los arribazones masivos de sargazo en el Caribe. Para ese entonces, el acervo del conocimiento técnico y científico asociado a esta problemática era incipiente comparado con nuestro conocimiento actual, aunque aún hay grandes vacíos.

Con esta línea base se estableció un conjunto de 13 sitios de monitoreo en el GoM y Caribe mexicano. En estos se observó la presencia recurrente de sargazo asociado a la ocurrencia de estructuras oceánicas como giros ciclónicos y anticiclónicos, así como frentes formados por interacciones entre las aguas del GoM y la descarga de ríos en Tabasco, Veracruz y Tamaulipas.

Desafortunadamente, no se ha dado continuidad al monitoreo satelital de sargazo en

*Es necesario definir una estrategia para fortalecer el monitoreo del Golfo de México ya que en su interior tenemos importantes polos turísticos de playa, ecosistemas altamente sensibles a las interacciones con el sargazo y su mancha marrón asociada.*

dichos sitios. La problemática socioambiental actual causada por la acumulación del sargazo en el Caribe mexicano nos obliga a subrayar la pertinencia y relevancia de actualizar y sostener el monitoreo de largo plazo de sargazo al interior del GoM, pues arriba a playas mexicanas de alto valor socioeconómico, cultural y ambiental, impactando actividades turísticas que generan riqueza regional.

El conocimiento de los patrones de distribución de las balsas de sargazo pelágico en el GoM contribuye al estudio de la dinámica de hábitats pelágicos potenciales

para las etapas juveniles tempranas de tortugas marinas y de especies de peces de interés comercial.

Esta línea base generada para el mar territorial mexicano en el GoM es inédita e innovadora y constituye la primera aportación espacialmente explícita sobre la dinámica del sargazo en esta región mexicana, sentando las bases para un programa de monitoreo.

El GoM es un sistema altamente productivo y ampliamente explotado por diversas industrias, incluyendo la de los hidrocarburos. La extracción de petróleo en el GoM

causa una preocupación singular por el potencial riesgo de un derrame, como los ocurridos en 1970 y 2010 en los pozos Ixtoc y Macondo, respectivamente.

El sargazo pelágico es considerado un trazador de la dinámica oceánica superficial, pues, al igual que el petróleo, se mueve por las fuerzas que causan esa dinámica.

Podemos identificar zonas de interacción sargazo y petróleo, modelar y mitigar los impactos del sargazo o del petróleo al ecosistema del GoM.

Si bien la mayor contingencia por arribazones de sargazo pelágico en términos de im-

pacto socioambiental es en Quintana Roo, por ser el mayor polo turístico de México y la presencia de ecosistemas altamente frágiles como los arrecifes coralinos, es necesario definir una estrategia para fortalecer el monitoreo del GoM ya que en su interior tenemos importantes polos turísticos de playa, ecosistemas altamente sensibles a las interacciones con el sargazo y su mancha marrón asociada, potenciales interacciones con petróleo en superficie del mar, y un proceso de conectividad para la biodiversidad marina de alto interés ecológico y económico.

Foto: CIGoM



**Eduardo Cuevas, Conacyt-Cinvestav/UABC**  
**Sandra A. Gallegos Fernández, CIGoM**  
**Jorge A. Trujillo Córdoba, CIGoM**  
**Abigail Uribe Martínez, Instituto de Ingeniería,**  
**UNAM, unidad Sisal/CIGoM**  
 Correo-e: eduardo.cuevas@uabc.edu.mx

# La importancia del sargazo para las tortugas marinas y su manejo

Las tortugas marinas se encuentran en peligro de extinción principalmente por el aprovechamiento desmedido en el pasado para el consumo de su carne, huevos y el aprovechamiento de la concha de carey.

Actualmente, por prácticas pesqueras no sustentables y la degradación de sus hábitats críticos estas especies siguen en riesgo de extinción, por lo que en nuestro país están protegidas por la norma oficial mexicana NOM-059-SE-MARNAT-2010.

Todas las especies de tortugas marinas pasan más del 95 por ciento de su vida en el mar, tienen etapas migratorias y de dispersión en distintos momentos de su ciclo de vida, ocupando hábitats diversos, incluyendo playas

arenosas, pastos marinos, zonas arrecifales, deltas de ríos, manglares, aguas costeras y oceánicas.

La reducción de sus poblaciones tiene repercusiones en los ecosistemas que ocupan, donde realizan funciones ecosistémicas como el transporte de nutrientes del mar a las playas, la regulación de especies potencialmente invasoras y el secuestro de carbono por los pastos marinos.

Actualmente, las tortugas marinas son objeto de aprovechamiento no extractivo en algunas localidades costeras, donde se pueden observar en sus hábitats marinos durante la anidación o cuando emergen las crías de sus nidos, consolidándose como factores de bienestar para comunidades costeras.

Cuando las crías emergen de sus nidos ingresan al mar y se dispersan utilizando las corrientes marinas para alcanzar agregaciones de vegetación acuática, especialmente el sargazo pelágico, donde se establecen por al menos de dos a cinco años.

Durante este tiempo, las tortugas se desarrollan en estos ecosistemas flotantes donde encuentran refugio, alimentándose incluso del mismo sargazo y de organismos con los que coexisten, compartiendo el espacio con especies endémicas al sargazo pelágico como el pez sargazo (*Histrio histrio*), el camarón sargazo (*Latreutes fucorum*) y el nudibranquio sargazo (*Scyllaea pelagica*), y con juveniles de peces de alto interés ecológico y económico

(atunes, tiburones, anguilas, picudos, pez dorado).

Este ecosistema conforma un oasis de vida en el inmenso océano, este último es un desierto marino en las zonas oceánicas remotas.

Asimismo, el sargazo funciona como un dispersor de biodiversidad, facilitando el intercambio de información genética de especies y el transporte de nutrientes entre ecosistemas costeros y oceánicos.

La relevancia del ecosistema sargazo pelágico se reconoce con su nombramiento en el 2002 como "Hábitat esencial para los peces" por el South Atlantic Fishery Management Council de los Estados Unidos, así como por la Comisión del Mar de los Sargazos y la Convención Intera-

Foto: Sargassum Monitoring





americana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas por ser hábitat crítico de estas especies.

La Ley General de Vida Silvestre de México establece en su Artículo 63 (2010) que "Los hábitats críticos son áreas específicas terrestres o acuáticas, en las que ocurren procesos biológicos, físicos y químicos esenciales... Son áreas que regularmente son utilizadas para alimentación, depredación, forrajeo, descanso, crianza o reproducción, o rutas de migración".

Las balsas de sargazo son un hábitat crítico para las tortugas marinas en donde cumplen un estadio de vida esencial en los océanos, pero no cuando el sargazo se acumula y descompone en las playas, donde ocasiona daños ambientales y a la salud humana.

Se requiere de mayor conocimiento sobre la distancia mínima a la costa para que las balsas mantengan su función ecosistémica.

En Antigua, Colombia y Cuba se ha reportado que la acumulación de sargazo pelá-

gico en las playas de anidación de tortugas marinas evita que las hembras reproductoras alcancen sus sitios de anidación, entorpece el recorrido de las crías recién emergidas hacia el mar e incrementa su riesgo de deshidratación y de depredación al sortear estas acumulaciones de sargazo, a la vez que modifica la temperatura de incubación de sus nidadas.

En México no se reportan impactos significativos sobre las tortugas marinas derivados de la acumulación de sargazo en sí, pero sí se reportan impactos severos derivados de su contención en mar (con barreras), recolección y manejo en playa. La remoción del sargazo en playa con vehículos pesados provoca la compactación de la arena al grado que una tortuga anidante no pueda cavar su nido, además de los accidentes de atropellamiento de crías y la destrucción de nidadas.

Durante la contención del sargazo en mar con barreras, algunos diseños de flotadores se vuelven trampas en las que quedan atrapadas las crías,

Foto: La Verdad Quintana Roo

muriendo por quedar atrapadas o ser depredadas.

Asimismo, si estas barreras se colocan en zonas de anidación, estas barreras impiden el paso de hembras a sus playas. Estos impactos son mucho más severos que el impacto por la acumulación de sargazo en sí misma.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) publicó en el 2021 los *Lineamientos técnicos y de gestión para la atención de la contingencia ocasionada por sargazo en el Caribe mexicano y el Golfo de México*, especificando acciones de manejo y buenas prácticas que disminuyen los impactos sobre las tortugas marinas y sus hábitats críticos, lo cual representa un sólido avance.

Sin embargo, es necesario que estos lineamientos se revisen frecuentemente, se retroalimenten y adapten en colaboración con especialistas en tortugas marinas.

Los comités estatales para la protección y conservación de las tortugas marinas son órganos multi-instituciona-

les y multidisciplinarios para la protección y conservación de estas especies.

Estos comités agrupan a numerosos actores clave que cuentan con experiencia de décadas sobre las técnicas y especificaciones adecuadas para el manejo de hábitats críticos, así como con los datos históricos para evaluar y monitorear cambios asociados con el manejo del sargazo.

Finalmente, es primordial un manejo integral de la problemática que lleve a la atención de la grave acumulación de sargazo, identificando alternativas de manejo que permitan la continuidad de los procesos ecológicos en los ecosistemas del Caribe mexicano; principalmente para especies como las tortugas marinas que son prioritarias para la conservación en México y en las que se han invertido centenas de millones de pesos por décadas en su restauración, además del cumplimiento de compromisos internacionales de protección de sus poblaciones y de hábitats marino-costeros.