

Revista Ciencias del Mar UAS



Abril - Junio 2026

Núm. 3 Vol. 3

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



ISSN 3061-8959



Artículo Científico

Gestión del sargazo en Quintana Roo bajo el Decálogo de Gestión Costera


Sargassum management in Quintana Roo under the Coastal Management Decalogue

1. Linda Rachel Martell - Hernández

 0009-0000-7194-2570

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, División de Ciencias Multidisciplinarias Cozumel. Quintana Roo, México.

2. Oscar Frausto - Martínez

 0000-0002-6610-5193

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, División de Ciencias Multidisciplinarias Cozumel. Quintana Roo, México.

Autor de correspondencia: ofrausto@uqroo.edu.mx

Recibido 21 de noviembre 2025

Aceptado 13 de febrero 2026



CREATIVE COMMONS



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Gestión del sargazo en Quintana Roo bajo el Decálogo de Gestión Costera

Sargassum management in Quintana Roo under the Coastal Management Decalogue

► RESUMEN

Desde hace más de una década, las costas del Caribe mexicano enfrentan un desafío socioecológico sin precedentes debido a los arribos masivos y atípicos de sargazo pelágico (*Sargassum fluitans* y *S. natans*). Este fenómeno, impulsado por el cambio climático y la eutrofización oceánica, ha generado impactos ambientales, económicos y sociales severos en el estado de Quintana Roo. El presente artículo evalúa la gobernanza y las estrategias de mitigación implementadas hasta 2026, utilizando como marco metodológico el decálogo para la Gestión Integrada de Áreas Litorales. El análisis revela avances significativos en la coordinación operativa liderada por la Secretaría de Marina (SEMAR) y en la formulación de la Estrategia Integral para el Manejo y Aprovechamiento del Sargazo (EIMAS). Sin embargo, persisten debilidades estructurales en la fragmentación de las competencias, en la capacitación y en la participación ciudadana. Se concluye que es imperativo transitar de un modelo de gestión de crisis reactivo a un enfoque de Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) basado en la bioeconomía circular, transformando el pasivo ambiental en un activo económico sostenible.

Palabras clave: manejo integrado, aprovechamiento, macroalgas, zona costera, sustentabilidad.

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► ABSTRACT

For over a decade, the coasts of the Mexican Caribbean have faced an unprecedented socio-ecological challenge due to the massive and atypical influxes of pelagic sargassum (*Sargassum fluitans* and *S. natans*). Driven by climate change and oceanic eutrophication, this phenomenon has generated severe environmental, economic, and social impacts in the state of Quintana Roo. This article evaluates the governance and mitigation strategies implemented up to 2026, using the "Decalogue for Integrated Coastal Area Management" proposed by Barragán Muñoz (2014) as a methodological framework. The analysis reveals significant progress in operational coordination, led by the Secretariat of the Navy (SEMAR), and in the formulation of the Comprehensive Strategy for the Management and Use of Sargassum (EIMAS). However, structural weaknesses persist regarding the fragmentation of competencies, training, and citizen participation. It is concluded that transitioning from a reactive crisis management model to an Integrated Coastal Zone Management (ICZM) approach based on a circular bioeconomy is imperative, transforming the environmental liability into a sustainable economic asset.

Keywords: integrated management, valorization, macroalgae, coastal zone, sustainability.

► INTRODUCCIÓN

Desde 2011, y con mayor intensidad a partir de 2014 y 2015, las costas del Caribe mexicano han enfrentado un desafío socioecológico de proporciones históricas: los arribos masivos y atípicos de sargazo pelágico, compuestos principalmente por las especies *Sargassum fluitans* y *S. natans* (Uribe-Martínez et al., 2020). Este fenómeno ha dejado de ser un evento esporádico para consolidarse como una nueva normalidad estacional. Su génesis se atribuye a una combinación de factores globales, entre ellos el cambio climático, la alteración de las corrientes oceánicas y el aumento de nutrientes provenientes de las desembocaduras de grandes ríos (como el Amazonas y el Orinoco) y del

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



polvo del Sáhara, lo que ha dado lugar a la formación del denominado "Gran Cinturón de Sargazo del Atlántico" (Rodríguez-Martínez et al., 2020).

Un factor determinante en la proliferación del sargazo pelágico es el aporte de nutrientes antropogénicos al océano Atlántico. La descarga excesiva de nitrógeno y fósforo proveniente de actividades agrícolas, aguas residuales urbanas y escorrentía continental ha acelerado la eutrofización de las aguas costeras y oceánicas, favoreciendo el crecimiento masivo de estas macroalgas (Valiela et al., 1997; Ye et al., 2011). Este proceso, combinado con las condiciones oceanográficas y climáticas actuales, explica la magnitud sin precedentes de los eventos registrados en el Atlántico tropical desde la segunda década del siglo XXI.

Los impactos negativos de estos arribazones se manifiestan en tres dimensiones críticas que amenazan la sostenibilidad de la región. En la dimensión ambiental, la acumulación y descomposición del sargazo en la costa generan "mareas marrones" que bloquean la luz solar, agotan el oxígeno disuelto y alteran los ciclos biogeoquímicos, lo que provoca la mortalidad de los pastos marinos y el blanqueamiento de los arrecifes de coral (SEMARNAT, 2021). En la dimensión económica, la pérdida del atractivo escénico de las playas afecta directamente al turismo, un sector que representa más del 80% del Producto Interno Bruto (PIB) estatal y que, según análisis de Big Data, ha mostrado contracciones reales en la actividad comercial al detalle en destinos como Cancún y la Riviera Maya durante los picos de recale (BBVA Research, 2020). Estudios adicionales documentan pérdidas millonarias en el sector turístico, afectaciones a la cadena de valor pesquera y costos de limpieza que superan los 120 millones de dólares anuales en los momentos de mayor intensidad (Rodríguez-Martínez et al., 2023; Torres-Torres et al., 2022). Finalmente, en la dimensión social, las emanaciones de gases tóxicos, como el ácido sulfhídrico (H_2S) y el metano (CH_4), representan riesgos para la salud pública y deterioran la calidad de vida de las comunidades costeras y de los trabajadores encargados de la limpieza (SEMARNAT, 2021).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



En respuesta a esta crisis, los diferentes niveles de gobierno, en conjunto con el sector privado, la academia y la sociedad civil, han implementado una serie de medidas que han evolucionado desde la recolección reactiva con maquinaria pesada hasta estrategias más sofisticadas de contención en el mar. Para el año 2026, la Secretaría de Marina (SEMAR) reportó el despliegue de 16 unidades de superficie y 9,500 metros de barreras de contención, habiendo recolectado más de 92,783 toneladas en 2025 y 178.01 toneladas a principios de 2026 (SEMAR, 2026).

El presente documento tiene como objetivo evaluar de manera estructurada y crítica la gestión del sargazo en Quintana Roo. Para ello, se utiliza como marco metodológico el "Decálogo para la Gestión Integrada de Áreas Litorales" propuesto por Barragán Muñoz (2014). Este enfoque permite desglosar la gestión en diez componentes interdependientes y analizar si las acciones actuales cumplen con los principios del Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) y los objetivos del Desarrollo Sostenible, garantizando soluciones equilibradas frente a las proyecciones críticas actuales.

2. La gestión costera ante riesgos emergentes

La preocupación por la gestión costera no es reciente, ante el firme interés por el uso de la zona costera y la necesidad de la adopción de un enfoque integrado, la Cumbre de la Tierra en 1992, y específicamente el capítulo 17 de la Agenda 21, se constituyó en un parteaguas en la historia del desarrollo sostenible costero, al conceptualizar y trazar un camino hacia el Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) (Basraoui et al., 2011).

Las zonas costeras se distinguen por áreas en las que se compite por condiciones y recursos naturales evidentemente limitados, así como por una gran diversidad de actividades socioeconómicas. En este contexto, se han venido desarrollando y se utilizan actualmente, de forma paralela, varios modelos conceptuales-metodológicos y de aplicación del Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC), en los que la gestión del litoral, a través del decálogo para la gestión integrada, se singulariza por su atención a los problemas emergentes (Vázquez-Sosa et al., 2020). En México, la Política Nacional de Mares y Costas, se establece



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



mediante la creación de la Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas en 2008 y su ratificación en 2015 (DOF, 2018). En 2018 se crea el acuerdo mediante el cual se define dicha política que señala la urgencia de fortalecer la integración de la política de manejo de las costas y mares, promover oportunidades económicas, fomentar la competitividad, la coordinación y el enfrentamiento de los efectos del cambio climático, así como proteger los bienes y servicios ambientales. Estos aspectos ya eran señalados en el Plan Nacional de Desarrollo 2012 – 2018, que destacaba la identificación de 19 indicadores para las 17 estrategias y los tres objetivos centrales de la política (Frausto, 2020), en el que la atención a los problemas de la gestión costera será una prioridad. Finalmente, con la emisión de la Política de costas del Estado de Quintana Roo de 2022, se señala como problema prioritario el sargazo (Chargoy-Rosas et al., 2024), lo que da pie a una serie de acciones que se analizarán a continuación.

2.1 El Decálogo como marco teórico de la gestión integrada

El Decálogo para la Gestión Integrada de Áreas Litorales, desarrollado por Barragán Muñoz (2014), constituye el marco teórico central del presente trabajo. Este modelo propone diez elementos interdependientes que, en conjunto, permiten diagnosticar la madurez y la coherencia de cualquier sistema de gobernanza costera. Su valor analítico radica en que no aborda cada dimensión de manera aislada, sino que reconoce las relaciones causales y los efectos en cadena entre sus componentes: una política ambiciosa sin normativa habilitante es ineficaz; una normativa sin instituciones competentes y recursos suficientes se convierte en letra muerta y los instrumentos operativos requieren conocimiento científico actualizado y personal capacitado para funcionar adecuadamente. Los diez elementos del decálogo se agrupan en tres grandes bloques: (1) el bloque político-normativo, que comprende la política, la normativa y las competencias; (2) el bloque institucional-instrumental, que incluye las instituciones, los instrumentos y los recursos; (3) el bloque de capital humano y social, que se compone de conocimiento e información, formación y capacitación, educación y concienciación, así como de participación ciudadana. Esta estructura sistémica hace del decálogo una



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



plataforma idónea para evaluar fenómenos complejos y emergentes de gestión costera (como la expansión territorial del turismo o la transformación antrópica de la costa en el Caribe mexicano), así como el que se presenta con los arribazones de sargazo en el Caribe mexicano.

En el contexto del MIZC, el decálogo se alinea con principios fundamentales reconocidos internacionalmente, tales como la integración vertical (entre niveles de gobierno) y horizontal (entre sectores), la adaptabilidad al cambio, la participación informada de los actores sociales y el uso de la mejor ciencia disponible para la toma de decisiones (Enriquez-Díaz et al., 2020). Aplicar este marco al caso del sargazo en Quintana Roo permite identificar con precisión los eslabones débiles del sistema de gobernanza y las áreas de oportunidad para transitar hacia un modelo de gestión preventivo y basado en la bioeconomía circular.

► MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la gobernanza en la gestión del sargazo se realiza un análisis estratégico a partir del "Decálogo para la Gestión Integrada de Áreas Litorales", fundamentado en los principios de Barragán Muñoz (2014). Cada uno de los diez componentes del decálogo se evalúa mediante los siguientes criterios: Primero. Existencia de instrumentos formales (políticas, leyes, planes y programas) Segundo. Operatividad real de dichos instrumentos (evidencia de implementación y resultados). Tercero. Integración entre actores y niveles de gobierno y (d) presencia de mecanismos de monitoreo, retroalimentación y mejora continua.

Las fuentes de información utilizadas son de naturaleza institucional y documental e incluyen documentos de política pública y comunicados oficiales de la SEMAR, SEMARNAT y SEMA, publicaciones científicas, informes técnicos de organismos como CINVESTAV, CONABIO y UNAM, el *Sargassum Information Hub*, así como normativas federales y estatales disponibles en el Diario Oficial de la Federación (DOF). El análisis combina la revisión documental con el análisis crítico del discurso de los documentos institucionales siguiendo los principios de Arenas -Granados (2012), lo que permite identificar tanto los avances explícitos como las brechas implícitas en el sistema de gobernanza costera.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Para la síntesis y presentación de los resultados se elaboró una matriz (ver tabla 3 en la sección de resultados) que resume, para cada componente del decálogo, el estado actual (avances concretos hasta 2026), las brechas identificadas y las áreas de oportunidad. Esta matriz permite una lectura sistémica del fenómeno y facilita la identificación de prioridades de gestión. Los diez componentes se presentan en la figura 1.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



▶ RESULTADOS

Análisis de la gestión del sargazo a través del Decálogo

A continuación, se presenta el análisis del estado actual de la gestión del sargazo en Quintana Roo (al año 2025), desglosado en los diez principios del decálogo. Cada componente se evalúa considerando su nivel de desarrollo normativo, institucional y operativo, así como las principales brechas identificadas.

4.1 Política y Estrategia.

El estado de Quintana Roo ha pasado de una respuesta de emergencia inicial a la formulación de políticas públicas más estructuradas. Destaca la "Estrategia Integral para el Manejo y Aprovechamiento del Sargazo" (EIMAS), coordinada por la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA) del estado, que busca mitigar el impacto ambiental, social y económico de manera coordinada y medible (Gobierno de Quintana Roo, 2023a). A nivel federal, la "Operación Sargazo", liderada desde 2019 por la SEMAR, ha marcado un hito al centralizar la logística de contención y recolección en el mar (SEMAR, 2026). Adicionalmente, la SEMARNAT ha emitido lineamientos técnicos que orientan las acciones de manejo, mientras que la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) ha implementado protocolos de atención al sargazo en áreas protegidas costeras para salvaguardar ecosistemas críticos, como los arrecifes y las playas de anidación de tortugas. Organizaciones de la sociedad civil, como el Consorcio para la Conservación del Caribe, han contribuido mediante el monitoreo comunitario y acciones de incidencia en materia de políticas públicas.

Sin embargo, desde la perspectiva del MIZC, la política sigue siendo predominantemente reactiva, enfocada en "mantener limpias las playas" para proteger la industria turística, y enfrenta el reto de consolidar una visión a largo plazo y de sostenibilidad que trascienda los ciclos políticos. La gobernanza para la gestión del sargazo requiere una articulación más robusta entre los instrumentos de política ambiental, económica y social.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



4.2 Normativa

El avance normativo más significativo ha sido la emisión y actualización de los "Lineamientos Técnicos y de Gestión para la Atención de la Contingencia Ocasionada por Sargazo en el Caribe Mexicano y el Golfo de México" por parte de la SEMARNAT (2021). Estos lineamientos establecen especificaciones para la recolección en mar abierto, la contención mediante barreras, la remoción en playas (prohibiendo el uso de maquinaria pesada que compacte la arena o afecte la anidación de tortugas) y la disposición final. Asimismo, la clasificación del sargazo como "Residuo de Manejo Especial" obliga, de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), a un tratamiento diferenciado.

Sin embargo, el marco normativo no se agota en estos lineamientos. Otros instrumentos legales relevantes incluyen la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que regula el uso y conservación de la zona federal marítimo terrestre, la Norma Oficial Mexicana NOM 059 SEMARNAT sobre protección de especies en riesgo, aplicable a las playas de anidación afectadas y los programas de manejo de áreas naturales protegidas colindantes con las zonas de mayor impacto. No obstante, la normativa específica para incentivar el aprovechamiento industrial y la comercialización de subproductos aún es incipiente e insegura, lo que genera vacíos legales para los emprendedores y frena el desarrollo de la bioeconomía circular. La ausencia de un marco fiscal que otorgue incentivos tributarios a las empresas que valoricen el sargazo constituye una brecha normativa crítica.

4.3 Competencias

La gestión del sargazo adolece de una distribución de competencias compleja y, a veces, fragmentada. La tabla 1 sintetiza las responsabilidades de los principales actores por nivel de gobierno.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla 1. Distribución de competencias en la gestión del sargazo por nivel de gobierno.

Nivel de Gobierno	Actor Principal	Ámbito de Competencia
Federal	SEMAR	Recolección en altamar, aguas someras y operación de buques sargaceros; coordinación logística nacional (Operación Sargazo)
Federal	SEMARNAT	Emisión de lineamientos técnicos de manejo; clasificación y regulación de residuos; supervisión ambiental
Federal	CONANP	Atención al sargazo en Áreas Naturales Protegidas costeras; protocolos de protección de especies
Estatal	SEMA Quintana Roo	Coordinación de acciones en tierra; implementación de la EIMAS; gestión de financiamiento estatal
Municipal	ZOFEMAT / Ayuntamientos	Limpieza de playas públicas; gestión de la Zona Federal Marítimo Terrestre; cobro del Derecho de Saneamiento Ambiental
Privado	Sector hotelero / Empresas	Gestión y limpieza de frentes de playa concesionados; inversión en tecnologías de aprovechamiento

Fuente: elaboración propia.

Esta fragmentación genera “zonas grises”, especialmente en playas no concesionadas, lo que evidencia fallas en la integración vertical y horizontal que exige el MIZC (Enriquez- Díaz et al., 2020). La coordinación intergubernamental es funcional en situaciones de emergencia, pero insuficiente para la planificación estratégica a largo plazo.

4.4 Instituciones

Existe un ecosistema institucional diverso en torno a la gestión del sargazo. La tabla 2 presenta las principales instituciones y sus funciones específicas en este ámbito.

Tabla 2. Principales instituciones y sus funciones en la gestión del sargazo en Quintana Roo.

Institución	Función en la gestión del sargazo
SEMAR	Liderazgo operativo: despliegue de buques, barreras de contención y coordinación de la Operación Sargazo
SEMA Quintana Roo	Coordinación estatal de la EIMAS; vinculación entre gobierno estatal y sociedad civil
SEMARNAT	Marco normativo y supervisión ambiental; coordinación del SIMSAR
SECIHTI / UNAM	Investigación básica y aplicada; sistemas de monitoreo satelital (SIMAR, LANOT); ciencia ciudadana
CINVESTAV	Caracterización bioquímica del sargazo; investigación en procesos de valorización
CICY	Investigación en biotecnología aplicada al aprovechamiento del sargazo
CONSEJO TECNICO ASESOR SOBRE SARGAZO	Unificación de criterios técnicos y asesoría al gobierno estatal
SECTOR HOTELERO (AHMTUR)	Inversión privada en contención y limpieza; presión política para la acción gubernamental
OSC Y ASOCIACIONES CIVILES	Monitoreo comunitario, educación ambiental y abogacía en política pública

Fuente: elaboración propia.



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



La fortaleza radica en la diversidad de capacidades institucionales, la debilidad es la ausencia de un organismo rector único, autónomo y con presupuesto blindado que dirija la gobernanza de manera vinculante, evitando la duplicidad de funciones y las brechas de coordinación.

4.5 Instrumentos

Se han desplegado los siguientes instrumentos técnicos y operativos principales:

- Monitoreo y alerta temprana: Sistemas satelitales como el SIMSAR de CONABIO y el Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra (LANOT) de la UNAM permiten prever las trayectorias (*sargassum hub.s.f.*). El sistema de pronóstico ha mejorado su resolución temporal y espacial, pasando de alertas semanales a diarias.
- Contención y recolección: Para 2026, la SEMAR mantiene 16 unidades de superficie (incluyendo buques sargaceros oceánicos y costeros) y 9,500 metros de barreras con proyección de ampliación (SEMAR, 2026).
- Valorización: Destaca el anuncio de la creación del Centro Integral de Saneamiento y Economía Circular del Sargazo por parte del gobierno estatal, con el objetivo de convertir los pasivos ambientales en activos económicos (Gobierno de Quintana Roo, 2023b). Sin embargo, a la fecha no existen resultados formalmente difundidos por las autoridades gubernamentales sobre la operación de dicho centro.

4.6 Recursos

La gestión es financieramente exhaustiva; el costo anual de atención representa una carga significativa para el PIB local. Los recursos provienen de presupuestos federales (SEMAR), estatales y municipales (a través del cobro del Derecho de Saneamiento Ambiental a turistas), así como de una fuerte inversión privada. A pesar de recolectar 92,783 toneladas en 2025 (SEMAR, 2026), los recursos suelen resultar insuficientes frente a la magnitud de los arribos. La falta de un fondo fiduciario permanente y autosostenible dificulta la planificación a largo plazo y somete la gestión a la volatilidad presupuestaria propia de los ciclos políticos.

4.7 Conocimiento e Información

La base científica sobre el sargazo en el Caribe mexicano ha crecido exponencialmente en la última década. Investigaciones del Cinvestav han



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



caracterizado la composición bioquímica del sargazo, identificando compuestos de alto valor (alginatos, fucoidano, manitol), pero también advirtiendo sobre la alta concentración de metales pesados como el arsénico, lo que condiciona su uso en la industria alimentaria o agrícola (CINVESTAV, 2021). El sistema de Monitoreo de Sargazo Recolectado (SIMSAR) centraliza los datos de campo para la toma de decisiones operativas.

En términos de conocimiento del medio marino- costero, Quintana Roo cuenta con una base de información relativamente robusta: existen diagnósticos del estado de los arrecifes de coral (Programa de Monitoreo Arrecifal del Caribe Mexicano), cartografía de los pastos marinos y de la distribución espacial de los arribos de sargazo, datos oceanográficos continuos provenientes de boyas y satélites y estudios de zonificación costera en el marco del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. Sin embargo, persisten vacíos importantes: la información sobre los impactos acumulativos del sargazo en la salud humana y en la economía pesquera artesanal es escasa, la integración de datos en plataformas de acceso público es limitada y la planificación espacial costera no incorpora de manera sistemática los escenarios de proyección de sargazo para los próximos decenios. El reto central es acelerar la transferencia del conocimiento científico hacia políticas adaptativas, ágiles y basadas en evidencia.

4.8 Formación y Capacitación

Estos elementos constituyen uno de los eslabones más débiles del sistema de gobernanza. Si bien la SEMAR capacita a su personal naval en técnicas de recolección y manejo de maquinaria especializada, existe un déficit significativo en la formación sistemática de trabajadores municipales y brigadistas temporales en técnicas de limpieza de bajo impacto ambiental (para evitar la erosión costera). Asimismo, falta capacitación técnica para emprendedores locales en los procesos biotecnológicos necesarios para la valorización segura del alga.

En el ámbito de la educación superior, universidades como la Universidad del Caribe (UNICARIBE), el Tecnológico de Monterrey Campus Cancún y la UNAM han incorporado contenidos sobre gestión costera y aprovechamiento del sargazo en posgrados y cursos de especialización, aunque sin la articulación necesaria con los sectores público y privado para formar profesionistas especializados. Las líneas de capacitación de los



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



tomadores de decisiones a nivel municipal y estatal se concentran en la respuesta operativa inmediata, con escasa atención a la planificación estratégica a largo plazo, a la bioeconomía circular y a la gestión adaptativa basada en evidencia. Superar este déficit requiere programas de formación, certificaciones en manejo costero integrado y alianzas universidad-gobierno-empresa para la transferencia tecnológica.

4.9 Educación y Concienciación

La narrativa pública ha estado dominada por la visión del sargazo como una "plaga" o un "desastre". Sin embargo, iniciativas recientes buscan cambiar esta percepción. La UNAM, a través de sus programas de ciencia ciudadana, educa a la población sobre el origen global del fenómeno y el potencial del sargazo como recurso (UNAM, 2023). La SEMARNAT ha impulsado campañas de educación ambiental dirigidas a comunidades costeras sobre el manejo adecuado del sargazo y la importancia de evitar prácticas dañinas como la quena o el entierro del sargazo. La CONANP desarrolla programas de sensibilización en las zonas de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas, orientados a proteger la biodiversidad asociada a los ecosistemas costeros afectados. Organizaciones de la sociedad civil, como el Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA), han promovido la difusión de información científica y el diálogo entre actores para una gobernanza más informada y participativa.

Es imperativo avanzar hacia campañas interinstitucionales que fomenten la corresponsabilidad, la comprensión de la bioeconomía y el cambio de narrativa: del sargazo como problema al sargazo como oportunidad de desarrollo sostenible.

4.10 Participación

La participación es activa pero asimétrica. El sector hotelero y la comunidad científica tienen una gran incidencia en la toma de decisiones. No obstante, la inclusión de comunidades locales, pescadores y ciudadanos no vinculados directamente a las cúpulas turísticas es limitada. El enfoque de ciencia ciudadana ha demostrado ser útil para integrar el conocimiento local (monitoreo de "última milla"), pero requiere mayor formalización para asegurar que los costos y beneficios de la gestión se distribuyan de manera equitativa (UNAM, 2023). La consolidación de mecanismos formales de consulta y de participación ciudadana que incluyan a las comunidades pesqueras es una deuda pendiente del sistema de gobernanza.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Finalmente, la tabla 3 sintetiza los componentes del decálogo MINZ para la gobernanza del sargazo en el Caribe mexicano.

Tabla 3. Síntesis de la Evaluación de la Gestión del Sargazo bajo el Decálogo de MIZC

Componente del Decálogo	Estado Actual (2025)	Brechas / Áreas de Oportunidad
1. Política y estrategia	EIMAS y Operación Sargazo (SEMAR) activas. Participación de SEMARNAT, CONANP y OSC.	Transitar de un enfoque reactivo a uno preventivo y consolidar la visión de la economía circular a largo plazo.
2. Normativa	Lineamientos de la SEMARNAT (2021); catalogado como Residuo de Manejo Especial. LGEEPA y NOM-059 como instrumentos complementarios.	Falta de un marco regulatorio específico que incentive y regule la industrialización y la comercialización.
3. Competencias	División por niveles de gobierno establecida (Tabla 2) pero fragmentada dando paso a "zonas grises".	Eliminar las "zonas grises" en las playas no concesionadas; mejorar la integración intergubernamental.
4. Instituciones	SEMAR, SEMA, SEMARNAT, CONANP, centros de investigación (UNAM, Cinvestav, CICY) activos (Tabla 3).	Ausencia de un ente rector único, autónomo y con presupuesto blindado.
5. Instrumentos	Uso de buques sargaceros, barreras, monitoreo satelital (SIMAR). Creación de un Centro de Economía Circular.	Escalar las tecnologías de valorización (biogás, biomateriales) a escala industrial. Ejecutar el Plan de Acción del Centro Integral de Saneamiento y Economía Circular del Sargazo
6. Recursos	Alta inversión pública y privada; cobro del derecho de saneamiento ambiental.	Financiamiento volátil; necesidad de un fondo fiduciario permanente e independiente del ciclo político.
7. Conocimiento	Caracterización bioquímica avanzada (arsénico, alginatos); sistemas predictivos (Cinvestav), SIMSAR cartografía y diagnósticos costeros disponibles.	Acelerar la transferencia de tecnología del laboratorio al mercado, llenar vacíos en salud humana y pesca artesanal.
8. Formación	Capacitación técnica concentrada en las fuerzas armadas.	Déficit en la capacitación de brigadistas municipales, tomadores de decisiones estratégicas y emprendedores locales.
9. Educación	Información centrada en las afectaciones turísticas, las campañas de la UNAM, SEMARNAT, CONANP y OSC.	Cambiar la narrativa de "plaga" a "recurso" mediante la educación ambiental; desarrollar una campaña interinstitucional sostenida basada en la ciencia.
10. Participación	Con una alta participación de los sectores hotelero y académico, la ciencia ciudadana está en desarrollo.	Integrar a las comunidades pesqueras y locales mediante la ciencia ciudadana; formalizar mecanismos de consulta equitativos.

Fuente: elaboración propia.



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► DISCUSIÓN

Los hallazgos de este análisis, a la luz del marco teórico de Barragán Muñoz (2014) y los principios fundamentales del MIZC —integración vertical y horizontal, adaptabilidad, participación informada, enfoque ecosistémico, precaución y uso de la mejor ciencia disponible—, invitan a una reflexión profunda sobre la trayectoria de la gestión costera en el Caribe mexicano. El fenómeno del sargazo no es una crisis pasajera, sino una característica permanente del ecosistema regional, exacerbada por dinámicas antropogénicas globales (Rodríguez-Martínez et al., 2020); por lo tanto, las soluciones puramente paliativas resultan ineficientes e insostenibles.

El principal desafío identificado es la transición de un modelo de "gestión de crisis" (recolectar y desechar) a uno de "gestión de recursos" (bioeconomía circular). Las proyecciones de arribos récord y los volúmenes históricos (más de 92,000 toneladas en 2025) subrayan la insostenibilidad financiera y logística del enfoque actual (SEMAR, 2026). La ciencia ha demostrado que el sargazo posee compuestos bioactivos útiles para las industrias farmacéutica, cosmética y agrícola, además de tener potencial para la producción de biogás y de materiales de construcción, como el "Sargapanel" o la madera plástica (TecScience, s.f.). Sin embargo, la presencia de metales pesados, como el arsénico, exige procesos rigurosos de despolimerización y refinamiento tecnológico (Cinvestav, 2021).

Un aspecto crítico que el presente análisis identifica como insuficientemente abordado en la gestión actual es la aplicación del principio precautorio. Más allá de la respuesta reactiva a los arribos, la gestión integrada del sargazo exige una visión de cuenca que considere las fuentes terrestres del problema. Las medidas de mitigación del aporte de nutrientes desde las cuencas hidrográficas continentales —como la reducción de escorrentías agrícolas ricas en nitrógeno y fósforo, el tratamiento de aguas residuales y la restauración de humedales costeros como filtros naturales— son componentes esenciales de una estrategia integral que actúe sobre las causas profundas y no solo sobre los síntomas del problema (Valiela et al., 1997; Ye et al., 2011). Esta



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



dimensión precautoria y preventiva está prácticamente ausente en los instrumentos de política analizados.

En términos de la contribución metodológica del presente trabajo, la aplicación del decálogo de Barragán Muñoz (2014) al caso del sargazo demuestra su utilidad como herramienta de diagnóstico para fenómenos de gestión costera emergentes, complejos y multi-escala. A diferencia de análisis previos centrados en un único componente (normativo, institucional o económico), el enfoque sistémico adoptado permite identificar las interacciones entre componentes y los cuellos de botella que obstaculizan la transición hacia el MIZC.

Comparativamente, regiones con problemáticas similares ofrecen lecciones valiosas. Barbados y Jamaica han avanzado más en la regulación del aprovechamiento industrial del sargazo, estableciendo marcos de incentivos fiscales para las empresas procesadoras. El estado de Florida, en Estados Unidos, ha implementado fondos fiduciarios permanentes para el monitoreo y la gestión de las macroalgas. Guyana Francesa ha desarrollado cooperación científica transfronteriza para el modelado predictivo de arribo. Quintana Roo, con su mayor capacidad institucional y presupuestaria relativa, tiene el potencial de convertirse en un referente regional, pero requiere consolidar los eslabones débiles identificados.

Si se aplica una valoración indicativa del sistema de gobernanza según los criterios del decálogo —considerando una escala del 1 (muy deficiente) al 5 (óptimo)—, los componentes mejor calificados son los Instrumentos (3.5/5) y el Conocimiento (3.5/5), mientras que los más débiles son la Formación (2.0/5) y la Participación social equitativa (2.0/5). La Normativa y el Financiamiento obtienen una calificación intermedia (2.5/5), reflejo de avances reales pero insuficientes. Esta evaluación indica que el sistema se encuentra en una etapa de "gestión costera en desarrollo", con fortalezas operativas claras, pero aún no ha alcanzado la plena integración que caracteriza a un MIZC maduro.

La evaluación sistémica muestra que, si bien la dimensión económica (protección del turismo) ha catalizado la acción gubernamental, la integración de las dimensiones ambiental y social aún es incompleta. La gestión no opera plenamente como un proceso iterativo y adaptativo, tal



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



como lo propone el MIZC (Enríquez-Díaz et al., 2020). Para superar esto, la creación del Centro Integral de Saneamiento y Economía Circular del Sargazo (Gobierno de Quintana Roo, 2023b) representa un paso en la dirección correcta, pero requerirá que los eslabones más débiles del decálogo—la normativa industrial, la formación de capacidades locales y el financiamiento permanente—se fortalezcan.

▶ CONCLUSIONES

La evaluación de la gestión del sargazo en Quintana Roo bajo el Decálogo de Gestión Costera revela un sistema complejo y en rápida evolución, con fortalezas operativas notablemente individualizadas, pero con debilidades estructurales significativas. Entre los avances más destacados se encuentran el establecimiento de una estrategia nacional con un liderazgo operativo claro por parte de la SEMAR, el desarrollo de un marco normativo básico (Lineamientos 2021) y la movilización de una vasta infraestructura operativa, tecnológica y científica.

No obstante, el sistema aún no alcanza la articulación ni la plena madurez de un Manejo Integrado de Zonas Costeras. Las brechas en el modelo se concentran en la fragmentación de competencias intergubernamentales, la falta de un modelo de financiamiento a largo plazo que no dependa de la coyuntura política, y un déficit crítico en la formación de capacidades a nivel municipal y comunitario. Asimismo, la participación social debe ampliarse más allá de las cúpulas empresariales del sector turístico.

Para garantizar la resiliencia del Caribe mexicano se formulan las siguientes recomendaciones prioritarias: (1) consolidar una gobernanza intersectorial permanente mediante la creación de un organismo rector autónomo con presupuesto blindado, (2) desarrollar un marco específico que incentive fiscal y normativamente la economía circular para la industrialización segura del sargazo, (3) implementar el principio precautorio mediante medidas de gestión de cuenca que reduzcan el aporte de nutrientes de origen terrestre; (4) fortalecer la formación de brigadistas, funcionarios municipales y emprendedores locales; (5) promover y asegurar la cooperación internacional transfronteriza,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



especialmente con los países del Caribe insular; y (6) desarrollar campañas de educación ambiental interinstitucionales que transformen la narrativa pública sobre el sargazo.

El sargazo representa un desafío existencial para el modelo turístico tradicional, la economía local y los sectores asociados a la costa, pero, al mismo tiempo, ofrece una oportunidad catalizadora para transitar hacia un desarrollo regional diversificado, resiliente y verdaderamente sostenible. La transición del sargazo de pasivo ambiental a activo económico es posible, pero exige voluntad política, inversión en ciencia y tecnología, y la construcción de un sistema de gobernanza costera verdaderamente integrado.

► AGRADECIMIENTOS

Se agradece al programa de becas nacionales de posgrado de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) la beca de estudios doctorales en desarrollo sostenible otorgada a la Mtra. Linda Rachel Martell Hernández.

► LITERATURA CITADA

Arenas-Granados, P. (2012). Manejo Costero Integrado y Sustentabilidad en Iberoamérica: Un análisis propositivo de políticas públicas en las dos caras atlánticas: España, Portugal, Colombia y Panamá. Editorial Académica Española. https://hum117.uca.es/wp-content/uploads/2018/10/Arenas_2012_MCI_y_Sustentabilidad_en_Iberoamerica.pdf

Barragán Muñoz, J. M. (2014). Política, gestión y litoral: Nueva visión de la gestión integrada de áreas litorales. Editorial Tébar Flores. https://hum117.uca.es/wp-content/uploads/2018/10/2014_barragan_politicagestionylitoral.pdf



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Basraoui, Y., Chafi, A., Zarhloule, Y., & Demnati, S. 2011. An integrated coastal zone management initiative for the sensitive coastal wetland on both sides of the Moulouya Estuary in Morocco. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 19: 520-525
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811012791>

BBVA Research. (2020). El riesgo del sargazo para la economía y turismo de Quintana Roo y México. Documento de trabajo 20/02.
https://www.bbva.com/wp-content/uploads/2020/02/Riesgo_Sargazo_Big_Data.pdf

Chargoy-Rosas, M., Frausto-Martínez, O. & Cabrera-Hernández, J.A. (2024). Integrated coastal management in emerging tourist destinations on the Mexican Caribbean coast. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 263, 243-255.
<https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/263/38564>

CINVESTAV. (2021). Analizan las propiedades del sargazo para su manejo adecuado y aprovechamiento. *Conexión Cinvestav*.
<https://conexion.cinvestav.mx/academia/Sin-Fronteras/ArtMID/404/ArticleID/5104/Analizan-propiedades-del-sargazo-para-su-manejo-adecuado-y-aprovechamiento>

DOF. (2018). ACUERDO por el cual se expide la Política Nacional de Mares y Costas de México. *Diario Oficial de la Federación. Gobierno de la República*.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5545511&fecha=30/11/2018&print=true

Enríquez-Díaz, M., Martínez-López, M., & Vilchis-Onofre, M. A. (2020). Una aproximación sistémica al manejo costero integrado en playas turísticas de México. *El Periplo Sustentable*, (38), 138-169.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252020000100138



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Frausto, O. (2020). Experiencias sobre la gestión sustentable de las costas y playas de isla Cozumel, México. En: Rivera-Arriaga, E., I. Azuz-Adeath, O. D. Cervantes Rosas, A. Espinoza-Tenorio, R. Silva Casarín, A. Ortega-Rubio, A. V. Botello y B. E. Vega-Serratos (eds.). *Gobernanza y Manejo de las Costas y Mares ante la Incertidumbre. Una Guía para Tomadores de Decisiones.* Universidad Autónoma de Campeche, RICOMAR.

Gobierno de Quintana Roo. (2023a). Presentan Estrategia Integral para el Manejo y Aprovechamiento del Sargazo en Quintana Roo. Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA). <https://sargazo2023.semaqroo.gob.mx/presentan-estrategia-integral-para-el-manejo-y-aprovechamiento-del-sargazo-en-quintana-roo/>

Gobierno de Quintana Roo. (2023b). Anuncia Mara Lezama creación del Centro Integral de Saneamiento y Economía Circular del Sargazo, que convertirá pasivos en activos. <https://qroo.gob.mx/anuncia-mara-lezama-creacion-del-centro-integral-de-saneamiento-y-economia-circular-del-sargazo-que-convertira-pasivos-en-activos/>

Langin, K. (2018). Seaweed masses assault Caribbean islands. *Science*, 360 (6394) , 1157 – 1158 . <https://doi.org/10.1126/science.360.6394.1157>

Milledge, J. J., & Harvey, P. J. (2016). Golden tides: Problem or golden opportunity? The valorisation of Sargassum from beach inundations. *Journal of Marine Science and Engineering*, 4(3), 60. <https://doi.org/10.3390/jmse4030060>

Oviatt, C. A., Huizenga, K., Rogers, C. S., & Miller, W. J. (2019). What nutrient source fuels pelagic Sargassum on the way to the Gulf of Mexico? *Progress in Oceanography*, 175, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2019.04.004>

Rodríguez-Martínez, R. E., Roy, P. D., Torres-Varbela, A., & van Tussenbroek, B. I. (2020). Cooperación en el Caribe ante el sargazo. *Revista Ciencia AMC*, 71(4), 63-71. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/71_4/PDF/13_71_4_1288_Sargazo_Cooperacion.pdf



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Rodríguez-Martínez, R. E., van Tussenbroek, B. I., & Jordán-Dahlgren, E. (2023). Impacts of stranded pelagic Sargassum on the Mexican Caribbean coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 281, 108209. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.108209>

Sargassum Information Hub. (s.f.). Mexico - Ongoing efforts. Recuperado de <https://sargassumhub.org/mexico/>

Secretaría de Marina [SEMAR]. (2026, 21 de enero). Marina, en coordinación con el Gobierno del estado de Quintana Roo, continúa con la contención del sargazo para mantener las playas limpias. Comunicado de Prensa. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/semar/prensa/marina-en-coordinacion-con-el-gobierno-del-estado-de-quintana-roo-continua-la-contencion-del-sargazo-para-mantener-playas-limpias>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2021). Lineamientos Técnicos y de Gestión para la Atención de la Contingencia Ocasionada por Sargazo en el Caribe Mexicano y el Golfo de México. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/636709/SEMARNAT-INECC-SARGAZO-2021.pdf>

TecScience. (s.f.). La ciencia vs. el sargazo: cómo transformar un problema en oportunidades sostenibles. Tecnológico de Monterrey. <https://tecscience.tec.mx/es/transformacion-industrial/sargazo/>

Torres-Torres, M., Acosta, M., & Solís-Zozoya, E. (2022). Economic impacts of pelagic sargassum on the Mexican Caribbean coast: A cost-benefit analysis. *Ocean & Coastal Management*, 226, 106257. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106257>

Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]. (2023). El manejo del sargazo en la península de Yucatán, México, hacia la conservación marina y el desarrollo regional. Informe de Políticas 1. https://yucatan.unam.mx/wp-content/uploads/2023/06/Policy-brief-1_BSSMX-Spanish.pdf



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Uribe-Martínez, A., Guzmán-Ramírez, A., Arreguín-Sánchez, F., & Cuevas, E. (2020).** El sargazo en el Caribe mexicano, revisión de una historia impensable. En *gobernanza y manejo de las costas y mares ante la incertidumbre. Una guía para tomadores de decisiones* (pp. 743-762). Universidad Autónoma de Campeche. https://www.researchgate.net/publication/339800164_El_sargazo_en_el_Caribe_mexicano_revision_de_una_historia_impensable
- Valiela, I., Foreman, K., LaMontagne, M., Hersh, D., Costa, J., Peckol, P., ... Geyer, W. (1997).** Couplings of watersheds and coastal waters: Sources and consequences of nutrient enrichment in Waquoit Bay, Massachusetts. *Estuaries*, 15(4), 443–457. <https://doi.org/10.2307/1352389>
- Vázquez Sosa, A., Frausto Martínez, O., Cabrera Hernández, J. (2020).** Models of Integrated Coastal Zone Management: comparative analysis and adoption proposal in the case of Akumal (Mexico). *Revista Costas*, 2(1): 25-50. <https://revistas.uca.es/index.php/costas/article/view/8938/8985>
- Wang, M., Hu, C., Barnes, B. B., Mitchum, G., Lapointe, B., & Montoya, J. P. (2019).** The great Atlantic Sargassum belt. *Science*, 365(6448), 83–87. <https://doi.org/10.1126/science.aaw7912>
- Ye, F., Huang, X., Zhang, D., Tian, L., & Zeng, Y. (2011).** Distribution of heavy metals in sediments of the Pearl River Estuary, Southern China: Implications for sources and historical changes. *Journal of Environmental Sciences*, 23(9), 1470–1478. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60585-9](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60585-9)



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original