



PRESENTACIÓN

El crecimiento y llegada excesiva de sargazo pelágico a las playas conlleva un proceso de descomposición que puede poner en riesgo la salud pública (ej. por la liberación de gases tóxicos como el ácido sulfhídrico y metano), estresar los ecosistemas marinos y costeros (ej. por las alteraciones en la laguna arrecifal por el impedimento del paso de luz, ingreso de lixiviados, y la eutrofización del agua) así como amenazar la economía basada en el turismo (ej. porque las playas pierden su belleza escénica) [van Tussenbroek et al. 2017; Rodríguez-Martínez et al. 2019].

A nivel regional, los primeros esfuerzos para enfrentar este fenómeno [2014-2015] se centraron en la recolección y limpieza de esta biomasa en las playas. No obstante, en los últimos años, especialmente del 2018 a la fecha, el sargazo se ha empezado a ver como una oportunidad industrial y no únicamente como una problemática de residuos [Desrochers et al. 2020; Oxenford et al. 2021]. Para lograr el establecimiento de una industria nacional basada en sargazo, se requiere de investigación científica para la caracterización del sargazo y el entendimiento de sus posibles aplicaciones, de soluciones tecnológicas para garantizar una recolección óptima y un abastecimiento constante (ej. técnicas adecuadas de procesamiento), e innovaciones locales y regionales para el aprovechamiento de este recurso mediante opciones económicamente viable y ambientalmente sostenibles.

México es pionero en la exploración de diversas alternativas de uso como la conversión del sargazo en fuentes de energía, la producción de fertilizantes, suplementos nutricionales, materiales biodegradables, papel, materiales de construcción, entre muchos otros [CONACYT 2019; Desrochers et al. 2020; Rosellón-Druker et al. 2022]. En el presente documento se presenta un panorama de las iniciativas identificadas desde los sectores privados, académico y de sociedad civil que se han llevado a cabo para transformar el sargazo en una oportunidad. Además de este mapeo se reporta el nivel de maduración tecnológica con el objetivo de identificar líneas de aprovechamiento con el mayor avance tecnológico hacia la construcción de una industria nacional con el sargazo como materia prima. Finalmente se discuten los principales retos y necesidades para alcanzar dicho objetivo, proponiendo soluciones de carácter integral.



INDUSTRIA AGRÍCOLA Y AGROPECUARIA: COMPOSTA

El sargazo se utiliza como composta para conservar y mejorar el suelo, ya sea fresco o seco. Tanto empresas como hoteles han adoptado la composta a base de sargazo para reducir su huella de carbono. Además, la sociedad civil ha emprendido esfuerzos para aprovechar el sargazo de esta forma, principalmente para el crecimiento de plantas ornamentales.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Degradación de sargazo para la obtención de vermicomposta	La vermicomposta a base de sargazo cumple con las especificaciones de calidad de la norma NMX-FF-109-SCFI-2008 y tiene un efecto positivo al aplicarse en distintos cultivos
Biotransformación de sargazo en combinación con estiércol de ovino	La composta a base de sargazo y estiércol es un valioso mejorador del suelo con potencial para uso en agricultura orgánica, reforestación y espacios verdes urbanos

Sin hallazgos tecnológicos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Instituto Tecnológico de Veracruz	1 (ID: 3240)
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	1 (ID: 3450)
Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada (CIBA) IPN	1 (ID: 790)
Instituto Tecnológico Superior Progreso (TECNM)	1 (ID: 530)
Hotel Moon Palace	1 (ID: 2040)
Empresa Ocean Biosphere	1 (ID: 3920)
Total	7

INDUSTRIA AGRÍCOLA Y AGROPECUARIA: SUSTRATOS, BIOPESTICIDAS Y BIOPROTECTORES

El sorgo, utilizado como sustrato rico en minerales, ha sido investigado para el cultivo de hongos y plantas para consumo humano. También se ha explorado el uso en el desarrollo de bioprotectores y biopesticidas para proteger el suelo contra la erosión, controlar el crecimiento de maleza no deseadas, así como reducir la presencia de organismos patógenos.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Caracterización de sorgo para su uso en sustratos agrícolas	Los sustratos a base de sorgo tienen altos contenidos de potasio, magnesio, y sodio.
Obtención de proteínas fúngicas en sustratos a base de sorgo	Los sustratos a base de sorgo son ricos en glucano, y eficientes para producir proteínas fúngicas para la industria alimentaria
Sorgo como bioprotector	Extractos acuosos de sorgo muestran una capacidad de reducir la severidad de ciertas enfermedades en plantas de consumo humano

Hallazgos tecnológicos selectos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Desarrollo tecnológico	Nombre del desarrollo	Descripción
Sustrato	Nutrifloor	Sustrato inoculado con rizobacterias elaborado a partir de fibras del sorgo

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Instituto Tecnológico de Conkal (ITConkal)	1 (ID=360)
Colegio de Postgraduados (CP), Campus Puebla	1 (ID: 480)



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila.	1 (ID: 3330)
Empresa Dianco	1 (ID: 300)
Universidad Autónoma de Coahuila. Grupo de Biorrefinería	1 (ID: 2090)
Universidad Politécnica de Quintana Roo	1 (ID: 1960)
Instituto Tecnológico de Chetumal (ITCH)	1 (ID: 410)
Total	7



INDUSTRIA AGRÍCOLA Y AGROPECUARIA: BIOESTIMULANTES Y BIOFERTILIZANTES

Los nutrientes presentes en el sargazo se han explorado para la elaboración de biofertilizantes y bioestimulantes y probado en el cultivo de hongos y diversos vegetales comestibles. Estos productos reducen el estrés de los cultivos, estimulan el crecimiento de las plantas, mejoran la calidad del suelo, y promueven un entorno propicio para la microbiota natural que fomenta el desarrollo óptimo de las plantas.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Caracterización de sargazo para su uso como biofertilizante	El sargazo tiene elementos son esenciales que lo hacen una buena alternativa como un mejorador de suelos para el cultivo de plantas de ornato.
Producción de lechuga y tomate fertilizados con sargazo	Biofertilizantes a base de sargazo son una buena alternativa para el desarrollo de la lechuga y para producir tomate del alta calidad (frutos de tamaño más uniforme, buenas propiedades organolépticas y nutritivas e índices de maduración, sabor y contenido de carotenos)

Hallazgos tecnológicos selectos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Desarrollo tecnológico	Nombre del desarrollo	Descripción general
Biofertilizante	Salgax agrícola	Coadyuva en el crecimiento de las plantas, reducen el estrés, refuerzan el sistema de defensa, potencializan la asimilación de nutrientes, promueven la floración, entre otros.
	El orgullo de México	Nutriente agrícola que promueve un suelo saludable

Hallazgos industriales selectos (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Producto	Nombre comercial del producto	Características según el producto
----------	-------------------------------	-----------------------------------



Biofertilizante	SargaExtra	Brinda nutrición a los cultivos y promueve crecimiento de microorganismos benéficos para el suelo
	Biofertilizante de sorgazo, fortalecedor de plantas	Facilita y acelera el proceso de humidificación para el crecimiento y la productividad de la planta.
	NutriKam	Potencializa la asimilación de nutrientes y promueven la floración.
Bioestimulante	NutriMaxx	Coadyuva al crecimiento y desarrollo vegetal, reforzando las defensas de la planta haciéndola más resistente al ataque de plagas y enfermedades

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)	1 (ID: 250)
Universidad Politécnica de Quintana Roo (UPQROO)	2 (ID: 280; 2140)
Empresa Salgax	1 (ID: 400)
Empresa CarbonWave	1 (ID: 1810)
Empresa Alquiifert	1 (ID: 2480)
Empresa Dianco	1 (ID: 300)
Empresa Alquimar	1 (ID: 220)
Universidad de Guadalajara (UDG)	2 (ID: 390; 2420)
Instituto Tecnológico de Mérida (ITM)	2 (ID: 1180; 2360)
Empresa PhycoMex	1 (ID: 2260)
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	2 (ID: 2980; 3010)
Empresa Sorgazo Global Environmental Solutions	1 (ID: 3290)
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP)	1 (ID: 490)
Empresa Biorganix	1 (ID: 2270)



Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada [CIBA], IPN	3 (ID: 790; 2810; 3770)
Total	21



INDUSTRIA AGRÍCOLA Y AGROPECUARIA: ALIMENTO PARA ANIMALES

El sargazo puede incorporarse como un complemento de los alimentos para animales (p.ej. ganado, camarón) siendo una opción nutrimental y económicamente viable.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Uso de sargazo en la alimentación animal	El sargazo puede usarse como un ingrediente en formulaciones de alimentos para ganadería y camarón en una concentración menor al 5% y al 2.5 %, respectivamente , lo cual potencializa rendimientos de producción

Sin hallazgos tecnológicos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) IPN	1 (ID: 260)
Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ)	1 (ID: 2100)
Tecnológico de Monterrey	1 (ID: 3250)
Total	3



QUÍMICOS, FÁRMACOS Y SUPLEMENTOS NUTRICIONALES: ALGINATOS

El sargazo representa una fuente potencial de alginatos. Estos polisacáridos tienen propiedades que permiten desarrollar agentes gelificantes, emulsificantes, encapsulantes, y soluciones altamente viscosas. Estos productos son de gran valor en industrias como la alimentaria, cosmética y textil.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Valorización de sargazo como fuente de alginato	Alginato purificado de alto valor se puede extraer del sargazo en una cantidad de 0.3875 g/g de peso seco de biomasa a partir de autohidrólisis y fermentación optimizada con hongos.
Biopelículas comestibles a base de alginato	Las biopelículas formuladas tienen propiedades que se pueden utilizar para prolongar la vida útil de alimentos perecederos
Degradación de compuestos de alto valor debido al transporte de sargazo	El proceso de extracción de compuesto de valor a partir de sargazo se ve comprometido en el proceso de transporte de esta biomasa. El sargazo que se transporta al aire libre, antes de una congelación instantánea, provoca la degradación del alga y sus compuestos.
Empaques biodegradables a base de alginato, celulosa y almidón	Empaques biodegradables desarrollados con alginato extraído de sargazo y otros materiales, pasaron pruebas térmicas y mecánicas

Hallazgos tecnológicos selectos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Desarrollo tecnológico	Nombre del desarrollo	Descripción general
Emulsionante cosmético	SeaBalance	El alginato extraído del sargazo puede usarse como un emulsionante usado principalmente en cremas corporales con un efecto hidratante

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
-----------------------	--



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Empresa Metco	1 (ID: 210)
Empresa CarbonWave	1 (ID: 1810)
Empresa Creamos Más/Alquimar	1 (ID: 220)
Tecnológico de Monterrey	3 (ID: 350; 2230; 2930)
Universidad Autónoma de Yucatán (UAY)	1 (ID: 370)
Universidad Politécnica de Quintana Roo (UPQROO)	1 (ID: 1590)
Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)	2 (ID: 2080; 2460)
Empresa Corrosión y Protección	1 (ID: 3320)
Tecnológico Nacional de México de Tuxtla Gutiérrez	1 (ID: 2180)
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)	1 (ID: 3590)
Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco (UAM)	1 (ID: 3780)
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), IPN	5 (ID: 1520; 2860; 3370; 3420; 3820)
Empresa Sargazo Global Environmental Solutions	1 (ID: 3290)
Empresa Biomaya	1 (ID: 3260)
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR)	1 (ID: 3680)
Total	22

QUÍMICOS, FÁRMACOS Y SUPLEMENTOS NUTRICIONALES: FUCOIDANOS

La extracción de fucoidanos a partir de sargazo se ha convertido en un campo prometedor para aplicaciones médicas, debido a que este compuesto presenta propiedades antioxidantes, antitumorales, antiinflamatorios, anticancerígenas y antivirales. Estas cualidades hacen que los fucoidanos sean un producto de interés para desarrollar suplementos alimenticios y diversos tratamientos médicos.

Hallazgos científicos selectos [TRL 1-4: Etapa de laboratorio]

Temática	Hallazgos
Valorización de sargazo como fuente de fucoidanos	El fucoidano puede extraerse del sargazo en una cantidad de 71.78 mg/g de peso seco de biomasa
Actividades antivirales y citotóxicas de fucoidanos extraídos de sargazo	El fucoidano extraído del sargazo tienen una actividad antiviral contra el virus del herpes simple tipo I in vitro. Asimismo, el fucoidan puede constituir un tratamiento potencial para prevenir las secuelas a largo plazo de la COVID-19, actuando a nivel mitocondrial.

Sin hallazgos tecnológicos [TRL 5-7: Etapa Piloto]

Hallazgos industriales selectos [TRL 8-9: Etapa Industrial]

Producto	Nombre comercial del producto	Características según el producto
Fucoidano	Fucoidano Alquimar	Suplemento alimenticio

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Empresa Creamos Más/Alquimar	2 (ID: 1510, 1580)
Empresa Sargazo Global Environmental Solutions	1 (ID: 3290)
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados [CINVESTAV], IPN	2 (ID: 1520; 1550)
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo [CIAD]	1 (ID: 3170)



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Universidad Politécnica de Quintana Roo [UPQROO]	1 (ID: 1590)
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste [CIBNOR]	1 (ID: 3680)
Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]	1 (ID: 2970)
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	1 (ID: 3150)
Escuela Superior de Medicina [ESM], IPN	1 (ID: 1420)
Universidad Autónoma de Nayarit [UAN]	1 (ID: 2820)
Total	12



QUÍMICOS, FÁRMACOS Y SUPLEMENTOS NUTRICIONALES: FUCOXANTINAS

La extracción de fucoxantinas a partir del sargazo es un tema de investigación actual debido a su potencial biotecnológico. Estas sustancias destacan por sus propiedades anticancerígenas, neuroprotectoras, fotoprotectoras, antiobesidad, antiinflamatorias y antioxidantes. Estas sustancias son altamente empleadas como suplemento alimenticio y colorante en la industria alimentaria.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Valorización de sargazo como fuente de fucoxantina	Es posible la obtención de fucoxantina a partir de sargazo en una cantidad de hasta 387.1 µg/g de peso seco de biomasa

Sin hallazgos tecnológicos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Universidad La Salle	1 (ID: 230)
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	2 (ID: 2240; 3030)
Total	3



ECOMATERIALES: MATERIALES PARA BIOCONSTRUCCIÓN

El sargazo puede utilizarse como materia prima para la fabricación de materiales como el hormigón, asfalto y ladrillos. El alto contenido de materia fibrosa en el sargazo, le confiere propiedades termoaislantes y de alta viscosidad. Esto lo hace ser una opción rentable, económica y de fácil adquisición para la bioconstrucción.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Uso de sargazo en asfaltos	El uso de sargazo en las mezclas asfálticas aumenta su viscosidad, su resistencia a altas temperaturas y mejora el desempeño general del material.

Hallazgos tecnológicos selectos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Desarrollo tecnológico	Nombre del desarrollo	Descripción general
Material tipo concreto	Sargacreto	Material de construcción orgánico
Aglomerado para piezas decorativas	Sargazo aglomerado	Material flexible para el desarrollo de diversos objetos como maceteros, paneles para señalética urbanas, paneles de construcción, artesanías, cestos para basura, pulpa para papel, muebles, etc.

Hallazgos industriales selectos (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Producto	Nombre comercial del producto	Características según el producto
Tabiques	Sargablock	Tabiques de construcción conteniendo entre un 40 y 60% de sargazo en su composición

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Empresa BlueGreen	1 (ID: 440)
Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)	2 (ID: 500; 2370)



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Empresa Grupo Dakatso	1 (ID: 520)
Universidad Intercultural Indígena de Michoacán	1 (ID: 1940)
Instituto Tecnológico Ciudad Madero; Tecnológico Nacional de México (TecNM)	1 (ID: 3200)
Empresa Diseño y Decorativos del Caribe Maya	1 (ID: 780)
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	1 (ID: 3940)
Total	8



ECOMATERIALES: FIBRAS TEXTILES

El sargazo puede aprovecharse para la elaboración de fibras textiles. Como parte de la elaboración de calzado, cuero sintético, cubrebocas, entre otros, el sargazo se convierte en un ecomaterial con una huella de carbono reducida, lo que beneficia a la industria por su accesibilidad como insumo.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Valorización de sargazo en la industria textil	La nanocelulosa que se puede extraer del sargazo es un material prometedor en materiales funcionales. Se utiliza en múltiples industrias, incluyendo la textil

Hallazgos tecnológicos selectos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Desarrollo tecnológico	Nombre del desarrollo	Descripción general
Fibras textiles	Sargassum	Desarrollo de un textil similar al fieltro que puede ser utilizado en distintas áreas

Hallazgos industriales selectos (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Producto	Nombre comercial del producto	Características según el producto
Línea de zapatos	Renovare	Utilización del sargazo para formar fibras que se usan la fabricación de zapatos y otros productos

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Empresa c-combinator/CarbonWave	1 (ID: 1810)
Empresa Renovare	1 (ID: 450)
Universidad Iberoamericana (IBERO)	1 (ID: 2280)
Empresa Kryon energy	1 (ID: 3210)
Empresa Seaweed Sandals	1 (ID: 3880)
Total	5



ECOMATERIALES: BIOPLÁSTICOS

El uso del sargazo en la producción de bioplásticos ofrece una solución para abordar la creciente demanda de plástico en el mercado. La obtención de nanofibras de celulosa, así como alginatos a partir de esta biomasa es aplicable en la creación de viviendas ecológicas, vías de tren, materiales espuma, bolsas sostenibles, entre otros.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Evaluación de compuestos de polipropileno y sargazo	Las partículas de sargazo podrían tener aplicaciones como aditivo polimérico para mejorar la rigidez de diversos materiales como los envases o envolturas plásticas
Aislamiento de nanocelulosa utilizando sargazo	Se obtuvo un biopolímero a partir del sargazo con una alta transmitancia por lo que tiene potenciales aplicaciones como aditivo alimentario o en la producción de películas plásticas

Hallazgos tecnológicos selectos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Desarrollo tecnológico	Nombre del desarrollo	Descripción general
Bioplásticos	Bioplásticos termoestables/termoplásticos	Materiales ecológicos que cuentan con propiedades físicas y de procesamiento similares a los plásticos actuales.

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Empresa Abaplas	1 (ID: 190)
BioPlaster Research	1 (ID: 3190)
Universidad Abierta y a Distancia de México (UNADM)	1 (ID: 240)
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN	1 (ID: 2320)
Instituto Tecnológico Superior Centla	1 (ID: 3080)



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Instituto Tecnológico de Ciudad Madero	1 (ID: 3520)
Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)	1 (ID: 3310)
Universidad Autónoma de Nuevo León	1 (ID: 3980)
Instituto Tecnológico de Monterrey [Tec de Monterrey]	1 (ID: 4000)
Total	9



ECOMATERIALES: CELULOSA Y PAPEL

El sargazo ofrece una alternativa ecológica a la producción convencional de papel. Esta macroalga contiene celulosa, la cual puede utilizarse como una fibra adicional en la fabricación de este material.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Identificación y caracterización de sargazo para obtención de celulosa	El sargazo es fibroso y se puede utilizar para realizar hojas de papel

Hallazgos tecnológicos selectos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Desarrollo tecnológico	Nombre del desarrollo	Descripción general
Papel reciclable	Libretas	Productos de papelería a base de sargazo

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Empresa Salgax	1 (ID: 400)
Empresa Sargánico	1 (ID: 760)
Instituto Tecnológico Superior Progreso (TECNM)	1 (ID: 530)
Instituto de Ingeniería (UNAM)	1 (ID: 4010)
Total	4



BIOENERGÉTICOS: BIOETANOL

El sorgo representa un campo prometedor para la producción de combustibles, incluyendo el bioetanol, mediante procesos anaeróbicos o de presurización que convierten la biomasa seca en azúcares fermentables. Estas técnicas potencian las propiedades químicas del sorgo, generando una materia prima de alto valor agregado.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Tecnología de alta presión para pretratamiento y fraccionamiento del sorgo	El sorgo puede ser una materia prima competitiva para producir biocombustibles como bioetanol bajo un concepto de biorrefinería y bioeconomía
Optimización de la hidrólisis ácida para la obtención de azúcares a partir de sorgo	Para producir un litro de bioetanol se necesitan 3.18 kg de sorgo en una conversión completa
Escalamiento del procesamiento hidrotermal para la producción de bioetanol	A partir de diferentes procesos hidrotermales se produce un rendimiento de etanol de entre el 57.69 % y el 71.37 %

Sin hallazgos tecnológicos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), IPN	1 (ID: 1410)
Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)	3 (ID: 1910; 2020; 3990)
Universidad Autónoma de Nuevo León	1 (ID: 2470)
Universidad de Guadalajara (UDG)	1 (ID: 420)
Instituto Tecnológico de Mérida (ITM)	1 (ID: 1170)
Total	7



BIOENERGÉTICOS: BIOGÁS

La producción de metano a partir del sargazo conlleva un tratamiento mediante procesos anaeróbicos. Esto ofrece una alternativa de producción en energías renovables con biomasa húmeda o seca.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Producción de metano a partir de sargazo	El sargazo es una opción factible para la producción de metano, pero el rendimiento de este depende del pretratamiento que se le dé a la biomasa
	La fracción líquida del sargazo tiene una mayor biodegradabilidad y un mayor rendimiento de metano, en comparación con la fracción sólida.
Técnicas de pretratamiento del sargazo para el mejoramiento del potencial de biometano	El pretratamiento fúngico produce un aumento del 20% en rendimiento de metano
	El pretratamiento térmico produce un aumento de hasta el 80% en rendimiento de metano
	El pretratamiento con peróxido de hidrógeno al 2.5%, seguido de un pretratamiento enzimático resulta en 95% en rendimiento de metano
	La codigestión de sargazo con estiércol de cerdo aumenta el rendimiento de metano hasta en un 160%
	Un pretratamiento de lavado produce un aumento del 38% en rendimiento de metano

Hallazgos tecnológicos selectos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Desarrollo tecnológico	Nombre del desarrollo	Descripción general
Biogás	Generación de energía con biomasa de sargazo	Se puede generar biogás a partir de la biomasa de nopal y residuos de aguacate y sargazo bajo un proceso ya patentado
	Bioenergía con sargazo	Solución que integra una serie de etapas o procesos para la valorización eficiente del sargazo como fuente de bioenergía y bioproductos

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)



Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Empresa Grupo Transportación Marítima Mexicana (TMM)	1 (ID: 200)
Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)	4 (ID: 570; 2160; 3100; 3230)
Empresa Nopalimex	1 (ID: 1610)
Empresa The Seas We Love	1 (ID: 3930)
Universidad Autónoma del Estado de México	1 (ID: 2070)
Universidad Veracruzana	3 (ID: 2210; 2290; 3530)
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	4 (ID: 1660; 3010; 3550; 3750)
Universidad La Salle	1 (ID: 1190)
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN	1 (ID: 3950)
Universidad Autónoma Chapingo	1 (ID: 2220)
Centro de Investigaciones y de estudios avanzados (CINVESTAV), IPN	1 (ID: 2860)
Total	19



BIOENERGÉTICOS: BIODIÉSEL

Una opción innovadora para la producción de energía es la generación de biodiesel a partir del sargazo. El alto contenido de azúcares de esta macroalga lo convierte en una materia prima potencial para la obtención de biocombustibles. Esto podría reducir la dependencia del diésel de origen fósil.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Valorización de sargazo producción de biodiésel	La producción de biodiesel se puede llevar a cabo por la fermentación de azúcares en sargazo por medio del hongo <i>Yarrowia lipolytica</i>. El biodiésel derivado de la fermentación tiene perfiles similares a otros aceites derivados de plantas

Sin hallazgos tecnológicos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Empresa Bioremar	1 (ID: 770)
Tecnológico de Monterrey	1 (ID: 2230)
Empresa The seas we love	1 (ID: 3930)
Total	3



BIOENERGÉTICOS: COMBUSTIÓN Y OTROS

La pirólisis de sargazo es una alternativa para la generación de energía. Al utilizar la biomasa algal seca y combinarla con otros materiales como el aserrín, se han producido, por ejemplo, pellets de combustión de eficiente producción calorífica.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Sargazo para la generación de hidrógeno	Es factible producir y aprovechar hidrógeno a partir de la pirólisis del sargazo
Sargazo como combustible en plantas termoeléctricas	El sargazo es una buena opción como combustible alternativo en sistemas de combustión como plantas termoeléctricas [basadas en carbón]
Compuestos volátiles de la pirólisis de sargazo	Además de los compuestos volátiles de valor industrial detectados durante la pirólisis de sargazo, también se identificaron compuestos aromáticos como el tolueno y el benzaldehído. La combustión directa de la biomasa, sin tratamiento previo, conlleva el riesgo de generar gases tóxicos
Biocombustible sólido	El sargazo podría generar más de 40 TJ de energía en forma de biocombustibles sólidos

Hallazgos tecnológicos selectos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Desarrollo tecnológico	Nombre del desarrollo	Descripción general
Pellets	Calentadores ecológicos	Desarrollo de un pellet híbrido, formulado con sargazo deshidratado y aserrín de madera, con el propósito de ser empleado en una biocaldera para generar energía calorífica

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número
-----------------------	--



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



	identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Instituto de Ingeniería, UNAM	1 (ID: 1670)
Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo	2 (ID: 2060; 2300)
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	1 (ID: 2110)
Centro de Investigación en Materiales Avanzados SC (CIMAV)	1 (ID: 2350)
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	1 (ID: 2150)
Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)	1 (ID: 3650)
Empresa G2E	1 (ID: 180)
Empresa Energryn	1 (ID: 310)
Total	9



MATERIALES AVANZADOS: BIOCARBÓN

El sargazo tiene el potencial de ser utilizado en la producción de biocarbón y compuestos de grafeno especializados, con aplicación en industrias de alta tecnología (p. ej. nuevos electrocatalizadores). Este biocarbón también es útil en la fabricación de productos cosméticos como los jabones y en filtros de purificación. El proceso de obtención se realiza a través de la pirólisis de la biomasa.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Pirólisis de sargazo para una gestión eficaz de residuos sólidos	La pirólisis de sargazo es altamente efectiva para la producción de biocarbón
Uso de biocarbón obtenido de sargazo para la producción de electrocatalizadores	El biocarbón derivado del sargazo resulta un prometedor material catódico para las celdas de combustible
Obtención de materiales similares al óxido de grafeno	El sargazo puede producir un material similar al óxido de grafeno el cual es altamente adsorbente para ciertos elementos como el plomo

Sin hallazgos tecnológicos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados [CINVESTAV] Mérida, IPN	2 [ID: 1520; 2310]
Centro de Investigación Científica de Yucatán [CICY]	5 [ID: 320; 330, 340; 540; 3650]
Instituto de Ingeniería, UNAM	1 [ID: 1670]
Total	8



MATERIALES AVANZADOS: SÍNTESIS VERDE DE NANOPARTÍCULAS

Las nanopartículas metálicas (p. ej. Au, Ag, Pt) son un producto derivado de la síntesis verde en donde puede utilizarse el sargazo como precursor. Estas partículas tienen una amplia gama de aplicaciones en diversas industrias ya que han demostrado tener propiedades antibacterianas, antiinflamatorias y catalíticas.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Nanopartículas de oro sintetizadas de sargazo y sus potenciales aplicaciones	Es posible sintetizar nanopartículas de oro a partir de sargazo. Éstas pueden usarse en el desarrollo de detectores de glucosa competitivos con los que actualmente se encuentran en el mercado
Nanopartículas de plata sintetizadas de sargazo y sus potenciales aplicaciones	Es posible sintetizar nanopartículas de plata a partir de sargazo. Éstas muestran tener una actividad catalítica para la degradación de azul de metileno y una actividad antibacteriana contra <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Nanopartículas de óxido de zinc sintetizadas de sargazo y sus potenciales aplicaciones	Es posible sintetizar nanopartículas de óxido de zinc plata a partir de sargazo. Éstas tienen propiedades antibacterianas que pueden utilizarse en el campo de la biomedicina y para propósitos de biorremediación
Nanopartículas de platino sintetizadas de sargazo y sus potenciales aplicaciones	Es posible sintetizar nanopartículas de platino a partir de sargazo. Éstas mejoran la cinética de la reacción de reducción de oxígeno en una superficie de carbono

Sin hallazgos tecnológicos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada [CFATA], UNAM. Juriquilla	5 (ID: 380; 1920; 3160; 3570; 3670)
Centro de Investigación Científica de Yucatán [CICY]	3 (ID: 540, 1890; 3110)



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Total	8
-------	---



BIOREMEDIACIÓN Y MECANISMOS DE PURIFICACIÓN: BIOFILTROS

Los biofiltros, cuyas membranas pueden desarrollarse a partir del sargazo, pueden ser solución para la descontaminación de suelos y agua. Esto ocurre por las propiedades absorbentes del sargazo, así como por la facilidad de obtener nanofibras de celulosa a partir de este material.

Hallazgos científicos selectos (TRL 1-4: Etapa de laboratorio)

Temática	Hallazgos
Evaluación de un sistema de biorremediación para la eliminación de iones metálicos y tintes tóxicos en agua	Los biofiltros evaluados tuvieron tasas de eliminación de 100%, 65% y 25% para el azul de metileno, rojo de metilo y naranja de metilo, respectivamente. También se obtuvieron tasa de eliminación del 95 para plomo.
Evaluación de un sistema de biorremediación para la eliminación de medicamentos de alto uso en agua	Los biofiltros evaluados presentaron una alta capacidad de bioadsorción para eliminar algunos fármacos disueltos en agua como el paracetamol, diclofenaco e ibuprofeno.
Sargazo como un adsorbente de fosfato en agua	El sargazo tiene una alta capacidad para adsorber P en un amplio rango de concentraciones [25–1000 mg P/L].

Sin hallazgos tecnológicos (TRL 5-7: Etapa Piloto)

Sin hallazgos industriales (TRL 8-9: Etapa Industrial)

Todas las investigaciones, proyectos o iniciativas identificadas por empresa o institución en México hasta 2023

Institución o Empresa	Número de proyectos por institución y número identificador (ID) para consultar más información en la base de datos adjunta
Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA), UNAM	2 (ID: 460; 2340)
Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ)	1 (ID: 2410)
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) Mérida, IPN	2 (ID: 2870; 3960)
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CENAPROT) Juriquilla, IPN	1 (ID: 3180)
Tecnológico de Monterrey	3 (ID: 550; 560; 2890)



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C	1 (ID: 2330)
Facultad de Veterinaria y Zootecnia, UNAM	1 (ID: 2940)
Empresa Kryon Energy	1 (ID: 3210)
Total	12



CONCLUSIONES

Para aprovechar de manera sustentable el sargazo que llega a las costas del Caribe Mexicano, es necesario abordar retos y necesidades desde distintos sectores de la población con el objetivo de completar cadenas de valor para esta biomasa como materia prima. Por ejemplo, un trabajo coordinado entre el sector privado, académico, de sociedad civil y de gobierno eficientizaría las prácticas adecuadas [en términos económicos y ambientales] de contención, remoción, transporte y disposición de sargazo. Las prácticas de colecta a su vez requieren contar con un sistema robusto de monitoreo remoto para determinar el lugar y el momento en que es más óptimo recolectar esta biomasa en el mar.

La cadena de valor de sargazo también requiere de una optimización en los procesos de pretratamiento del sargazo desde su desalinización, hasta el secado, la molienda y su almacenamiento. Lo anterior permitiría tener un abastecimiento constante de la materia primera lo cual es esencial dada la variabilidad interanual del sargazo que llega a las costas.

Para la transformación del sargazo en un producto de alto valor es importante caracterizar al sargazo de manera inter e intra anual ya que diferentes tipos de especies y morfotipos han demostrado tener variación en su composición bioquímica [Cipolloni et al., 2022]. En este sentido, es necesario contar con procesos claros para el manejo de los metales pesados y los procesos involucrados en su medición, seguimiento y eliminación durante todo el procesamiento del sargazo. De esta manera se asegura un producto final bio-seguro.

La búsqueda de mejores protocolos de gestión integral del sargazo, así como de instrumentos normativos de carácter obligatorio, son aspectos fundamentales para una valorización y un aprovechamiento a nivel industrial. Contar con un marco normativo permitiría reducir la incertidumbre jurídica que enmarca esta gestión, tanto para los emprendedores futuros como para las pocas empresas legalmente constituidas en el presente.

La enorme cantidad de sargazo que vara en las costas del Caribe Mexicano requiere de esfuerzos conjuntos y no aislados para procesar esta biomasa antes de causar estragos ambientales,



económicos y sociales. Por ejemplo, el establecimiento de biorrefinerías es una posibilidad para avanzar en el procesamiento del sargazo y de la producción a gran escala y a la par de biocombustibles alternativos y diversos subproductos de alto valor comercial.

Para contar con un panorama completo de los esfuerzos nacionales en desarrollo tecnológico e innovación para la valorización de esta biomasa el Conahcyt continuará con una vigilancia tecnológica a nivel nacional, como la que se ve plasmada en las páginas del presente documento. Hasta el momento esta vigilancia ha arrojado más de 140 iniciativas identificadas de las cuales más de la mitad se encuentran en niveles de madurez tecnológica incipientes.

El nivel de maduración tecnológica [TRL] se obtuvo de información disponible al público general, por lo que los desarrollos tecnológicos no publicados pudieran incidir en estos resultados, tanto en el número de iniciativas identificadas como en la determinación del TRL. Además, es importante subrayar que los desarrollos tecnológicos e innovaciones han incrementado de manera importante en los últimos 5 años [Rosellón-Druker et al., 2022] por lo que esta rápida evolución puede resultar en cambios en el TRL de casa uso en cada año. Es por lo tanto importante incentivar, no solo a los grupos académicos sino también al sector empresarial y sociedad civil, a visibilizar los esfuerzos que se llevan a cabo para la atención de este fenómeno. Asimismo, resulta fundamental diseñar estrategias de acompañamiento para estas iniciativas desde etapas tempranas para asegurar la madurez de las tecnologías, promoviendo la vinculación entre diversos sectores y facilitando un escalamiento a nivel industrial.

Conahcyt seguirá impulsando diversos proyectos implementado el modelo mexicano de innovación soberana para el bienestar. A través de este modelo se genera una estrategia de vinculación virtuoso y eficiente, para hacer frente al fenómeno del sargazo, y fomentar la independencia y soberanía tecnológica para México.

Referencias

Cipolloni, O. A., Gigault, J., Dassié, É. P., Baudrimont, M., Gourves, P. Y., Amaral-Zettler, L., & Pascal, P. Y. 2022. Metals and metalloids concentrations in three genotypes of pelagic *Sargassum*



- from the Atlantic Ocean Basin-scale. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113564. Conacyt. 2019. Agenda de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Atención, Adaptación y Mitigación del arribo de sargazo pelágico a México. Gobierno de México. 32 pp.
- Desrochers, A., Cox, S.A., Oxenford, H.A., y van Tussenbroek, B. 2020. *Sargassum uses guide: a resource for Caribbean researchers, entrepreneurs and policy makers*. Report prepared for the Climate Change Adaptation in the Eastern Caribbean Fisheries Sector [CC4FISH]. Project of the Food and Agriculture Organization (FAO) and the Global Environment Facility (GEF). Centre for Resource Management and Environmental Studies (CERMES), University of the West Indies, Cave Hill Campus. Bridgetown: Barbados. 159 pp.
- Oxenford, H.A., Cox, S.A., van Tussenbroek, B.I., y Desrochers, A. 2021. Challenges of turning the Sargassum crisis into gold: Current constraints and implications for the Caribbean. *Phycology*, 1[1]: 27-48.
- Rodríguez-Martínez, R.E., Medina-Valmaseda, A.E., Blanchon, P., Monroy-Velázquez, L.V., Almazán-Becerril, A., Delgado-Pech, B., et al. 2019. Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic Sargassum. *Marine pollution bulletin*. 146: 201-205.
- Rosellón-Druker, J., Calixto-Pérez, E., Escobar-Briones, E., González-Cano, J., Masiá-Nebot, L., & Córdova-Tapia, F. 2022. A review of a decade of local projects, studies and initiatives of atypical influxes of pelagic Sargassum on Mexican Caribbean coasts. *Phycology*, 2[3], 254-279.
- Van Tussenbroek, B.I., Arana, H.A.H., Rodríguez-Martínez, R.E., Espinoza-Avalos, J., Canizales-Flores, H.M., González-Godoy, C.E., Barba-Santos, M.G., Vega-Zepeda, A., y Collado-Vides, L. 2017. Severe impacts of brown tides caused by Sargassum spp. on near-shore Caribbean seagrass communities. *Marine pollution bulletin*. 122[1-2]: 272-281.