

Sargazo: de la problemática a los materiales sustentables, aplicaciones innovadoras en asfaltos y polímeros

José Luis Rivera-Armenta ^{1,*}, Angélica León-Cornejo ²

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Centro de Investigación en Petroquímica, Prol. Bahía de Aldahir y Av. de las Bahías S/N Parque de la Pequeña y Mediana Industria, 89600 Altamira, Tamaulipas, Mexico;

² Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería, Centro Universitario, Universidad Poniente, 89336 Tampico, Tamaulipas

* Autor de correspondencia: jriveraarmenta@itcm.edu.mx

Artículo de divulgación científica

Recibido: 10 de abril de 2026

Aceptado: 16 de junio de 2026

Publicado: 8 de julio de 2026

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v5i2.703>

Resumen: El sargazo es una macroalga que ha generado graves problemas ambientales y económicos en las costas del Caribe y Golfo de México, ha sido recientemente estudiado como materia prima para el desarrollo de materiales sustentables. Diversos grupos de investigación en México han buscado encontrar una aplicación de este material, evaluando su incorporación en asfaltos y matrices poliméricas, encontrando mejoras significativas en propiedades físicas, térmicas y mecánicas. En mezclas asfálticas, el sargazo produce un incremento de la viscosidad, el módulo complejo y la resistencia al ahuecamiento, especialmente cuando se emplean partículas finas (<500 µm) en proporciones entre 2–3% peso. En polímeros como polipropileno, poliestireno de alto impacto (HIPS) y redes poliméricas interpenetradas poliuretano (PU)/polimetil metacrilato (PMMA), el sargazo actúa como refuerzo natural, mejorando el módulo elástico y la interacción matriz-partícula. Los estudios sugieren que el sargazo podría pasar de ser un residuo problemático para convertirse en un insumo con potencial como aditivo natural de matrices poliméricas en la fabricación de materiales compuestos sustentables. La investigación en este campo abre oportunidades para la economía circular y la mitigación de impactos ambientales en regiones afectadas por esta macroalga.

Palabras clave: sargazo, asfaltos modificados, polímeros sustentables, economía circular

Introducción

El sargazo es una macroalga marina que se origina frente a las costas de África, formando el denominado cinturón del sargazo, y su proliferación acelerada se relaciona con el aumento en la temperatura superficial del océano y con las corrientes del Atlántico, que transportan grandes volúmenes hacia el Caribe, principalmente a las costas de México. Éste tipo de alga marina tiene 4 subgeneros: *sargassum*, *arthrophyucus*, *bactrophycus* y *Phyllotrichia*. En México, hay dos tipos de especies de sargazo: el fluitans y el natans, que son los mas abundantes en el caribe mexicano y el golfo de México (Aragon-Vallejo *et al.*, 2023). El arribo masivo de esta biomasa ha generado impactos ambientales y económicos en éstas regiones: al acumularse en las playas, se descompone liberando gases nocivos, deteriora la calidad del agua y afecta ecosistemas costeros, lo que repercute en el turismo, pesca y salud pública, reduciendo ingresos y actividades locales. Sin embargo, su composición lignocelulósica y presencia de alginatos, lo convierten en un recurso con potencial de aprovechamiento para aplicaciones tecnológicas.

La búsqueda de alternativas sustentables ha llevado a explorar soluciones frente a la problemática que representa este material. En función a lo anterior, algunos grupos de investigación han evaluado su uso en asfaltos (Salazar *et al.*, 2021), materiales de construcción (Durán *et al.*, 2024), y polímeros (Aragón-Vallejo *et al.*, 2024); las cuales se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con innovación, infraestructura y producción responsable. Estos grupos de trabajo han reportado mejoras importantes en algunas propiedades con la adición del sargazo, como propiedades mecánicas, térmicas, entre otras. Derivado de lo anterior, existen muchos grupos de investigación no solo de México, si no de otros países que buscan encontrar aplicaciones para ésta alga marina.

En el presente trabajo se reportan investigaciones que ofrecen alternativas para enfrentar el problema generado por el arribo del sargazo a las costas del Caribe mexicano y del Golfo de México. Existen esfuerzos por parte de entidades gubernamentales para minimizar el daño que ocasiona ésta alga marina en las costas mexicanas, emitiendo convocatorias para buscar aplicaciones para las grandes cantidades de alga que arriba. Lo anterior, abre una oportunidad para poder emplear éste tipo de alga marina, como aditivo de origen natural en diferentes tipos de matrices, lo que representa una oportunidad para poder dar solución a la problemática que genera ésta alga marina.

Desarrollo

Sargazo como modificador de asfaltos

El uso de partículas de sargazo en asfaltos ha demostrado un impacto positivo en la resistencia a fallas como grietas, formación de huellas de llantas y en la estabilidad térmica de las mezclas. Estudios recientes señalan que el tamaño de partícula es un factor crítico: las partículas menores a 500 μm generan una mejor dispersión en la matriz asfáltica, aumentando la viscosidad hasta 2.5 veces y elevando la temperatura de falla en más de 10 $^{\circ}\text{C}$ respecto al asfalto convencional. Además, se ha identificado que concentraciones cercanas al 2.5–3% en peso representan un punto óptimo, ya que mejoran la consistencia y reducen la susceptibilidad térmica sin provocar fragilidad en el material (Salazar-Cruz *et al.*, 2021). Por lo anterior, se sugiere que el sargazo puede convertirse en un biomodificador eficiente para mezclas asfálticas más duraderas y resistentes al tráfico intenso (Escobar-Medina *et al.*, 2021; Salazar-Cruz *et al.*, 2024).

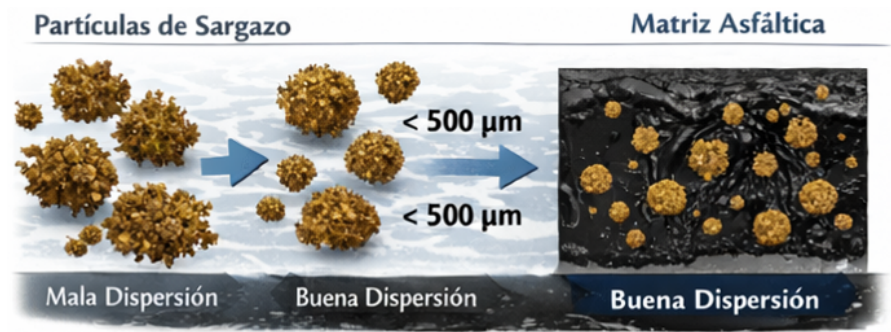


Figura 1. Esquema de dispersión de partículas de sargazo en la matriz asfáltica.

Tabla 1. Comparación de propiedades mecánicas entre asfaltos convencionales y modificados con sargazo (Escobar-Medina *et al.*, 2021; Salazar-Cruz *et al.*, 2021)

Propiedad	Asfalto Convencional	Asfalto con Sargazo (2.5%)
Viscosidad relativa	1.0	2.5
Módulo complejo	100%	190%
Temperatura de falla ($^{\circ}\text{C}$)	65	76
Resistencia al ahuellamiento	Moderada	Alta

El principal modificador en mezclas asfálticas, es el hule tipo SBS (estireno-butadieno-estireno), ya que ayuda a mejorar su desempeño tanto a bajas como a altas temperaturas. El sargazo también ha sido evaluado en combinación con el hule SBS para ser empleado en la modificación de mezclas asfálticas (Salazar-Cruz *et al.*, 2024). En estas mezclas, la interacción entre los grupos vinilo del SBS y los componentes lignocelulósicos del sargazo genera estructuras más cohesivas, con mejoras en la viscosidad y en la resistencia a la separación de fases durante el almacenamiento, que es una propiedad muy importante sobre todo cuando el asfalto modificado se almacena mucho tiempo. Además, se ha observado que el tiempo de curado influye en el comportamiento reológico: mezclas con alto contenido de vinilo muestran un aumento progresivo en la elasticidad y en la resistencia a

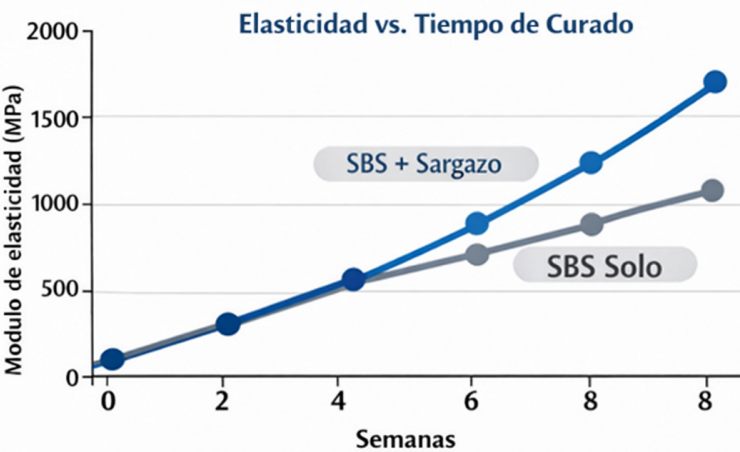


Figura 2. Efecto de la adición de sargazo en el modificador tipo hule SBS sobre el modulo de elasticidad (Salazar *et al.*, 2025).

formación de huellas o grietas después de varias semanas, lo que abre la posibilidad de diseñar asfaltos más duraderos y adaptables a condiciones de tráfico pesado.

Sargazo en matrices poliméricas

Los polímeros, son materiales que tienen una gama de aplicaciones muy variadas, sin embargo una de los aspectos importantes, es que para tener un buen desempeño en su aplicación, requieren de una diversidad de aditivos, entre ellos rellenos, pigmentos, estabilizadores de luz UV, retardantes de flama, entre otros, por lo que siempre se está a la búsqueda de nuevos aditivos, pero principalmente que sean aditivos amigables con el medio ambiente, por lo que el uso de aditivos de origen natural ha generado mucho interés en años recientes. La preparación de materiales compuestos, involucra una matriz que puede ser polimérica, metálica o cerámica, y un modificador/relleno, siendo un aspecto muy importante la forma en que éstos interactúan, ya que las propiedades mecánicas dependen de ello. De acuerdo con la teoría, entre más pequeña sea la partícula del modificador/relleno, se pueden lograr mejoras importantes en las propiedades mecánicas. En ese sentido, la incorporación de partículas de sargazo en polímeros abre nuevas posibilidades en el diseño de materiales híbridos. En sistemas de PU/PMMA, el sargazo actúa como proveedor de grupos hidroxilo y como refuerzo natural, mostrando afinidad química con la fase de poliuretano (Escobar-Medina *et al.*, 2025); esto genera matrices más complejas y resistentes, sin afectar significativamente la estabilidad térmica. En polipropileno (PP), la adición de sargazo mejora propiedades viscoelásticas y la rigidez, especialmente cuando se emplean agentes de acoplamiento como el estearato de calcio favoreciendo la interacción matriz-partícula (Aragón-Vallejo *et al.*, 2023). Por otro lado, en compuestos de HIPS/SBS, la presencia de sargazo incrementa el módulo de Young hasta en un 58%, evidenciando su capacidad para reforzar la resistencia mecánica y aportar estabilidad estructural (Contreras-Martínez *et al.*, 2025).

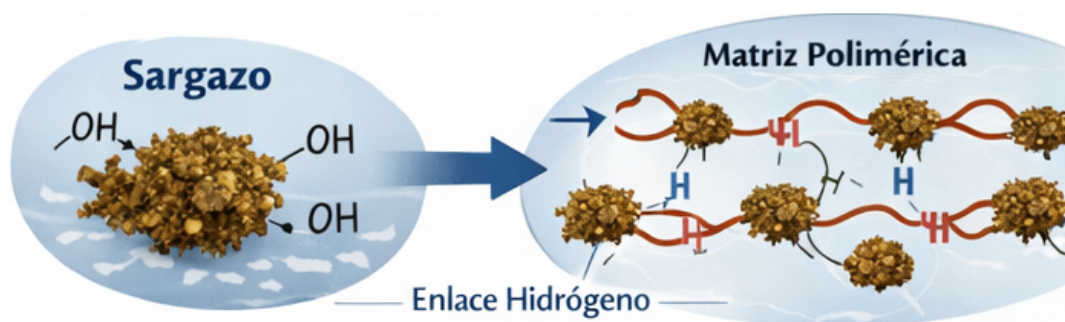


Figura 3. Representación de la interacción química del sargazo en matrices poliméricas.

Perspectiva sustentable

Más allá de los resultados técnicos, el aprovechamiento del sargazo como biomodificador se alinea con los principios de la economía circular y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Transformar un residuo marino en un insumo de aplicaciones industrial es una opción para resolver la problemática que ocasiona, las más reportadas son para la construcción de carreteras y el uso como aditivo en el desarrollo de formulaciones de polímeros avanzados, con lo que no solo se mitiga un problema ambiental, sino que también genera oportunidades económicas y tecnológicas. Otra opción de aplicación del sargazo es su uso en paneles para la construcción, especialmente en países de bajos recursos, donde ya se ha reportado su viabilidad técnica ambiental (Duran *et al.*, 2024). Una aplicación reciente y que suena interesante, es la que están iniciando algunos grupos de investigación, enfocada a la obtención de materiales compuestos empleando sargazo para impresión 3D (Wells, 2024), por lo que en nuestro grupo de trabajo estamos trabajando en el desarrollo de éste tipo de materiales y aplicaciones.

La relación con la economía circular se refleja en que el sargazo deja de ser un desecho acumulado en las costas para convertirse en materia prima, se reutilizan sus componentes lignocelulósicos en nuevos ciclos productivos y se genera valor económico y social al integrarse en materiales de construcción y compuestos poliméricos. De esta manera, el sargazo puede pasar de ser una amenaza ambiental para convertirse en un recurso estratégico dentro de modelos productivos más responsables y sostenibles.



Figura 4. Mapa conceptual de economía circular aplicado al aprovechamiento del sargazo.

Conclusiones

El sargazo, considerado una plaga marina, puede convertirse en un recurso estratégico para el desarrollo de materiales sustentables. Su incorporación en asfaltos y polímeros mejora propiedades mecánicas y térmicas, ofreciendo soluciones innovadoras para la construcción y la industria de materiales compuestos. Estos avances representan una oportunidad para transformar un problema ambiental en una alternativa tecnológica alineada con la sustentabilidad. La incorporación de sargazo en matrices poliméricas como PP, PU y PMMA mejora sus propiedades mecánicas y adhesión con aditivos como estearato de calcio.

La investigación sobre el sargazo como biomodificador apunta hacia un escalamiento industrial mediante el desarrollo de procesos estandarizados para integrar el sargazo en asfaltos y polímeros a gran escala. De manera prospectiva, también se exploran otras aplicaciones en materiales de construcción, lo que abre nuevas posibilidades dentro de los principios de la economía circular.

Además de lo reportado en el presente trabajo, hay diversos grupos de investigación que están buscando la obtención de productos químicos con valor agregado, o aplicaciones en el área de productos de uso de aseo personal, lo que permite identificar que se buscan soluciones para la problemática que genera esta alga marina.

Bibliografía

- Aragón-Vallejo, J. D., Salazar-Cruz, B. A., Chávez-Cinco, M. Y., Rivera-Armenta, J. L., & Espindola-Flores, A. C. (2023). Novel polypropylene-sargassum particles composites: Evaluation of thermal and thermomechanical properties. *Journal of Composites Science*, 7, 455. <https://doi.org/10.3390/jcs7110455>
- Contreras-Martinez, E. A., Salazar-Cruz, B. A., Rivera-Armenta, J. L., Morales-Cepeda, A. B., Espindola-Flores, A. C., & Del Angel-Aldana, R. Z. (2025). Evaluation of sargassum particles on the thermomechanical properties of HIPS/SBS composite. *MRS Advances*, 10, 614–618. <https://doi.org/10.1557/s43580-025-01131-z>

- Duran, A. J. F. P., Lyra, G. P., Campos Filho, L. E., Bueno, C., Rossignolo, J. A., Alves-Lima, C., & Fiorelli, J. (2024). The use of sargasso seaweed as lignocellulosic material for particleboards: Technical viability and life cycle assessment. *Buildings*, 14(5), 1403. <https://doi.org/10.3390/buildings14051403>
- Escobar-Medina, F. J., Rivera-Armenta, J. L., Hernández-Zamora, G., Salazar-Cruz, B. A., Zapién-Castillo, S., & Flores-Hernández, C. G. (2021). Sargassum-modified asphalt: Effect of particle size on its physicochemical, rheological, and morphological properties. *Sustainability*, 13, 11734. <https://doi.org/10.3390/su132111734>
- Escobar-Medina, M. G., Ramos-Galvan, C. E., Salazar-Cruz, B. A., Chávez-Cinco, M. Y., & Rivera-Armenta, J. L. (2025). Study of interpenetrating polymer networks (IPNs) based on PU/PMMA reinforced with sargassum particles. *MRS Advances*. <https://doi.org/10.1557/s43580-025-01421-6>
- Salazar-Cruz, B. A., Guerrero-Sánchez, R., Flores-Hernández, C. G., Rivera-Armenta, J. L., & Hernández-Zamora, G. (2024). Investigation of the impact of the vinyl content in SBS composite with sargassum in asphalt. *MRS Advances*. <https://doi.org/10.1557/s43580-023-00756-2>
- Salazar-Cruz, B. A., Zapién-Castillo, S., Hernández-Zamora, G., & Rivera-Armenta, J. L. (2021). Investigation of the performance of asphalt binder modified by sargassum. *Construction and Building Materials*, 271, 121876. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121876>
- Wells, M. (2024). *Thermal and morphological characterization of novel sargassum-based polymer composites for application in 3D printing*. <https://ohioopen.library.ohio.edu/studentexpo/2024/2024presentations/114/>