

# Avance y Perspectiva

Revista de divulgación del CINVESTAV

## Muerte y destrucción del sargazo: escenarios naturales de degradación

Karina Galache · Sunday, June 13th, 2021

Categorías: Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta

La degradación o descomposición de la materia orgánica es un proceso natural que ocurre en el océano y es fundamental para el mantenimiento de la vida marina. Este proceso es responsable de la remineralización de los nutrientes esenciales, principalmente del fósforo, nitrógeno y carbono, tarea que lleva a cabo la comunidad de bacterias heterótrofas. Cuando los organismos marinos mueren por diversos factores físico-químicos o biológicos, sus tejidos empiezan a fragmentarse para convertirse en residuos o *detritus*, en forma de materia orgánica sólida particulada (MOP) o disuelta (MOD). Son estos últimos los que la comunidad bacteriana degrada, y corresponden a la fracción  $< 0.45\mu\text{m}$  del carbono orgánico de los tejidos del organismo en descomposición. En este texto nos enfocaremos y llamaremos degradación a los procesos *post-mortem*, desde la pérdida de funcionalidad y liberación de componentes orgánicos del organismo, formación de material particulado y su remineralización.

Conocer la degradación en función del tiempo o del lugar donde ocurre, es de gran utilidad para entender la dinámica de los ecosistemas. Su estudio nos permite comprender algunos aspectos del ciclo de nutrientes en los diferentes ecosistemas, lo que modela su estructura y funcionamiento y determina atributos como la diversidad. En los ambientes costeros un fenómeno clave que permite la introducción de nutrientes en el ecotono marino-terrestre es la arribazón y degradación de macrófitas marinas (macroalgas y pastos marinos) que por efecto del viento, oleaje, y las corrientes son removidos del lecho marino y depositados en las playas. Este aporte de nutrientes es clave para las especies que habitan el ambiente costero. En los últimos años las arribazones masivas de macrófitas marinas ocurridas alrededor del mundo (Smetacek & Zingone, 2013), han generado fuertes impactos ecológicos y socioeconómicos por efecto de su degradación desmesurada.

En las costas del Mar Caribe desde 2011 a la fecha, las arribazones masivas de sargazo han incrementado su frecuencia e intensidad (Chávez et al. 2020). El deterioro del paisaje caribeño con sus mares azul turquesa tornándose marrones, y la acumulación de la biomasa de algas en la playa y su degradación, propició la huida del turismo por los malos olores y aspecto desagradable en mares y playas. El resultado en años subsecuentes ha provocado pérdidas económicas millonarias en la industria turística. De igual magnitud han resultado los daños sobre los ecosistemas costeros y

la biota marina, producto del deterioro de las aguas adyacentes a las arribazones, debido a un exceso de materia orgánica particulada (MOP) y nutrientes disueltos que generan aguas turbias y eutrofizadas, provocando una disminución en la penetración de la luz, oxígeno y pH (van Tussenbroek et al. 2017). A pesar de los esfuerzos que las comunidades locales, autoridades y la academia han realizado para la limpieza de las playas y el manejo y aprovechamiento del sargazo, la problemática persiste. Es evidente que su remoción resulta insuficiente, o bien, es superada por el exceso de biomasa que arriba, por lo que comprender a profundidad la degradación de esta biomasa *in situ* es crucial. A pesar de ser uno de los detonadores de muchos de los impactos ya mencionados, la degradación es uno de los procesos menos entendidos y subvalorados de las arribazones de sargazo. En las siguientes líneas describimos lo que conocemos sobre su degradación (Cuadro 1), como punto de partida para continuar su estudio y proponer a futuro alternativas de manejo y/o aprovechamiento.



Cuadro 1. Representación esquemática de la degradación del sargazo. La fragmentación puede ser mecánica (promovida por altas temperaturas y/ oleaje, etcétera) o biológica, por efecto de consumo de organismos vivos (herbívora). La comunidad bacteriana se encarga de remineralizar la materia orgánica disuelta (MOD). Materia orgánica particulada (MOP).

### Escenarios de la degradación del sargazo: sumando y sumando

La degradación en mar abierto y a lo largo del recorrido de las masas flotantes de sargazo, también llamado sargazo pelágico, resulta imperceptible, ya que ocurre en fragmentos de alga senescentes a partir de los cuales los nutrientes pueden ser remineralizados y aprovechados por el mismo ecosistema flotante, o bien, son exportados fuera del sistema o diluidos por las corrientes en el mar circundante. La historia es muy diferente en la costa, cuando el sargazo se acumula en la playa. En principio, el sargazo pelágico que se acerca a la zona costera puede ser depositado en las playas, y si arriba poca biomasa, el exceso de irradiación solar y elevadas temperaturas, lo secan rápidamente. Si no ocurre una llegada constante o excesiva de material, en un día o dos la biomasa termina seca y adquiere un color marrón oscuro, que eventualmente se degradará a una tasa muy lenta (Fig. 1. escenario *E1*, cuadro 2). En este escenario (*E1*), la biomasa varada, no representa ningún peligro aparente al ecosistema, y es un fenómeno común en meses de poca arribazón, principalmente coincidiendo con los meses fríos; tan es así, que suele confundirse con sargazo bentónico (adherido al sustrato), o con pastos marinos, y representa un ciclo natural de introducción de nutrientes al ambiente costero.



Figura 1. Arribazones de sargazo en el Caribe Mexicano durante los eventos de 2017-2018 en Puerto Morelos y Xcalak, Q. Roo. Las imágenes representan diversos escenarios de degradación en función de la cantidad de biomasa que arriba a las costas.

Este panorama cambia considerablemente si ocurre una arribazón más frecuente y en mayor cantidad (Fig. 1, Escenario *E2*, cuadro 2). La biomasa acumulada tiende a formar montículos o franjas en la línea de costa, principalmente durante los meses de mayor arribazón (primavera-verano). En este escenario (*E2*), la biomasa superficial corre la misma suerte que en el escenario *E1*, pero su estratificación en capas permite mantener un cierto grado de humedad, alimentada por

el rocío de las olas y la llegada de nuevo material algal. Al interior de estos montículos, la reducción de la luz y el oxígeno, sumadas a la humedad, propician la muerte del alga, iniciando y acelerando su descomposición en pocos días. Estas condiciones promueven su fragmentación, la formación de detritus y por ende la liberación de algunos de sus componentes celulares, principalmente fenoles. Con el tiempo, el proceso de degradación continúa, generando material particulado y disuelto, sustrato perfecto para las comunidades bacterianas. Una vez degradada, esta materia orgánica proveniente del alga puede exportarse a la columna de agua, infiltrarse o bien, acumularse en el sedimento. Al conjunto de procesos que ocurre fuera de la columna de agua, les denominaremos degradación en emersión. No obstante, si la acumulación de sargazo persiste a lo largo del tiempo, con arribazones constantes y masivas, el espacio en la playa resulta insuficiente, y la biomasa se acumula también en la columna de agua adyacente (Fig. 1, 2, Escenario *E3*, cuadro 2). Bajo estas condiciones, la tasa de degradación que describimos en los escenarios *E1* y *E2* y la exportación natural del material por vientos, lluvias o enterramiento se ven superadas por la acumulación masiva. En este escenario *E3*, la degradación en emersión continua, y las condiciones del sargazo presente en la columna de agua provocan su muerte y hundimiento, lo que propicia un segundo proceso de degradación en condiciones de inmersión, que ocurre de manera simultánea al de emersión. Durante las condiciones de inmersión, la liberación de compuestos fenólicos en el agua de mar, resultado del estrés fisiológico, preceden a su inevitable muerte y descomposición. La materia orgánica en suspensión, junto con los fenoles son responsables del color ámbar-café en el agua descritos en el escenario *E3* (Kirk, 2011). Es muy probable que los fenoles se liberen también durante la emersión pero que solo sean visibles cuando la biomasa esté en contacto con la columna de agua. En el escenario *E3*, es difícil discernir qué componente (inmersión / emersión) tiene mayor afectación sobre el ecosistema, pues todos los procesos ocurren simultáneamente. Pudiera ser que los procesos de fragmentación en emersión e inmersión difieran en la producción de detritus, y por tanto en el aporte que ofrecen a la comunidad bacteriana. Adicionalmente en *E3* podría ocurrir una resuspensión del material ya depositado en la playa, que se hunde al perder sus vesículas de flotación y que ya se encuentra en degradación formando una cama sobre los pastos marinos (Fig. 2).



Cuadro 2. Representación esquemática de la degradación del sargazo, de acuerdo con los escenarios descritos en el texto y a los procesos de degradación en emersión e inmersión.

Aunque aún se desconocen en detalle las fases de la degradación del sargazo en la playa, son claros los cambios que ocurren en la biomasa a lo largo del tiempo. Es común observar franjas de distinta coloración (Fig. 2 a, b) que corresponden tanto al grado de humedad, como al de degradación y liberación de compuestos orgánicos presentes en el sargazo. Es probable que al morir el alga, las proteínas y pigmentos sean los componentes que se degraden primero, aunado a la liberación de fenoles, mientras que los compuestos ricos en carbono, como los polisacáridos y carbohidratos, tardarían más tiempo en descomponerse, otorgándole a la materia en descomposición su color negro característico (Fig. 2c). Por lo anterior, es indispensable estudiar los cambios en los componentes bioquímicos que ocurren en el tejido algal durante el proceso de degradación, tanto en condiciones de emersión como en inmersión.



Fig. 2. Escenario (*E3*) de degradación. (a-c) Se muestran distintas franjas de coloración distintivas del material en descomposición y sano (flechas). Notar como el material nuevo sigue llegando. (d-e) Se muestra sargazo en degradación en el lecho marino, sobre las praderas de pastos marinos. (f) Se muestra una combinación de arribazón masiva, pero poca degradación en la playa.

En lo referente al detritus algal, se sabe que el 50% de éste se pierde entre 50 y 200 días (tiempo menor que en plantas terrestres). En general, las tasas de degradación de los organismos fotosintéticos se incrementan en función de la cantidad N y P del detrito, o bien, por decrementos en las razones C:N y C:P (Enríquez *et al.*1993). Entre las macroalgas existen diferencias significativas en el contenido de C, N, y P, ya sean oportunistas, de crecimiento rápido, o perennes, de crecimiento lento y de mayor complejidad estructural. Aunque el sargazo pelágico se considera una especie de crecimiento rápido, es morfológicamente complejo y rico en carbono, difiriendo de algas oportunistas como la lechuga de mar (*Ulva*) que se degradan rápidamente. Los bajos valores de N y P y las altas razones de C:N, de hasta 40, en el sargazo pelágico estudiado suponen tasas de degradación lentas, pero se desconocen.

### Perspectivas de *experimentación*

¿Qué tan rápido y cómo se degrada el sargazo? ¿Cuáles son las condiciones que promueven y limitan o evitan su degradación? ¿Qué compuestos son liberados al medio y cómo se modifica la composición química del alga durante el proceso de degradación? ¿Cuál es el papel de la comunidad bacteriana (microbioma) bajo condiciones de emersión/inmersión? ¿Existe toxicidad en los compuestos que se liberan? son preguntas que la comunidad en general, científica y autoridades, deberían formularse para poder entender de manera precisa el proceso de degradación del sargazo y sus efectos, con el fin de definir estrategias de manejo adecuadas. Por tal motivo, urge estudiar todos los factores involucrados en el proceso desde distintas aproximaciones.

La información obtenida *in situ* o de campo, es crítica para plantearnos hipótesis de trabajo experimentales que nos ayuden a responder lo que ocurre. No obstante, la descripción del proceso de degradación de manera controlada, ya sea emulando las condiciones naturales o bajo condiciones óptimas que permitan un control efectivo de estos procesos, son una opción viable para complementar su estudio. En el laboratorio de Ficología Aplicada y Ficoquímica Marina del Cinvestav Unidad Mérida se ha trabajado sobre la valorización de la biomasa de sargazo desde 2017. Recientemente, con trabajo experimental en el laboratorio, se ha evaluado el crecimiento y la degradación de una de las especies mayoritarias. También hemos podido confirmar que bajo condiciones de estrés lumínico e hidrodinámico se produce una fuerte y constante liberación de fenoles, lo que conduce a la senescencia y pérdida de biomasa y posterior degradación inducida. Simulando su degradación en inmersión y emersión, hemos caracterizado químicamente los componentes sólidos (material particulado) y disueltos en agua (lixiviados) de la biomasa en degradación. Esta información nos puede dar pistas acerca de los compuestos y la dinámica de nutrientes liberados durante la degradación del sargazo. La información generada permitirá establecer posibles estrategias de manejo o dilucidar la ventana de tiempo para aprovechar el recurso antes de que la biomasa empiece a degradarse. Hasta ahora, la incertidumbre en la frecuencia y magnitud de los eventos de arribazón, variación en la calidad de los compuestos aprovechables, los costos de transporte del recurso y la falta de infraestructura para su procesamiento hacen difícil su aprovechamiento. La comunidad científica ha insistido en que son pocas las oportunidades que el planeta nos da para hacer mejor las cosas. Después de 10 años de la primera arribazón masiva en el Caribe, habría que revalorar si lo que estamos haciendo para entender y mitigar el fenómeno del sargazo ha dado frutos o se ha convertido una oportunidad pasajera para hacer ciencia que quedará en el guardarropa.

---

## Literatura citada

Chávez, V., Uribe-Martínez, A., Cuevas, E., Rodríguez-Martínez, R. E., van Tussenbroek, B. I., Francisco, V., ... Silva, R. (2020). Massive influx of pelagic *Sargassum* spp. on the coasts of the Mexican Caribbean 2014–2020: Challenges and opportunities. *Water*, 12(10), 2908. <https://doi.org/10.3390/w12102908>

Enríquez S, Duarte CM, Sand-Jensen K. (1993). Patterns in decomposition rates among photosynthetic organisms: The importance of detritus C:N:P content. *Oecologia*, 94(4), 457–471.

Kirk, J. T. O. (2011). *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. Reino Unido: Cambridge University Press.

Smetacek, V., & Zingone, A. (2013). Green and golden seaweed tides on the rise. *Nature*, 504, 84. <https://doi.org/10.1038/nature12860>

van Tussenbroek, B. I., Hernández Arana, H. A., Rodríguez-Martínez, R. E., Espinoza-Avalos, J., Canizales-Flores, H. M., González-Godoy, C. E., ... 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. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.057>

This entry was posted on Sunday, June 13th, 2021 at 4:13 pm and is filed under [Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta](#)

You can follow any responses to this entry through the [Comments \(RSS\)](#) feed. Both comments and pings are currently closed.