

LOS HONGOS COMESTIBLES, FUNCIONALES Y MEDICINALES: ALTERNATIVA BIOTECNOLÓGICA ANTE LA PROBLEMÁTICA SOCIAL, ECONÓMICA Y ECOLÓGICA DEL SARGAZO EN EL CARIBE MEXICANO

Daniel Martínez-Carrera¹, Alfonso Larqué-Saavedra², Mario Rebolledo Vieyra¹, Porfirio Morales¹, Ivan Castillo¹, Myrna Bonilla¹, Beatriz Petlascalco¹, Wilfrido Martínez¹, Gilmar Rendón¹, Vladimir Mitzil¹, Alfredo Morales¹, Víctor Macuill¹, Joan Olvera¹, Luis Pérez¹, Mercedes Sobal¹, María Maimone-Celorio³ y Hugo Martínez¹

¹ Colegio de Postgraduados (CP), Campus Puebla, Centro de Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales (CB-HCFM), Boulevard Forjadores de Puebla no. 205, Puebla 72760, Puebla, México. Correo electrónico: dcarrera@colpos.mx

² Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY), Calle 43 no. 130, Colonia Chuburná de Hidalgo, Mérida 97200, Yucatán, México. Correo electrónico: larque@cicy.mx

³ Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), Facultad Biotecnoambiental, Barrio de Santiago, Puebla 72410, Puebla, México.

Introducción

El cambio climático avanza inexorablemente, generando retos enormes para las sociedades humanas y fuertes presiones de selección para los agroecosistemas y los ecosistemas naturales. La producción de alimentos es una actividad particularmente vulnerable y requiere especial atención. Además de promover y fortalecer la producción de alimentos básicos en un ambiente cambiante, disminuyendo su huella ecológica, es fundamental diversificar nuestras fuentes de alimentación incorporando cada vez más un mayor número de reinos y especies de la naturaleza (Martínez-Carrera & Larqué-Saavedra, 2019).

Esto es factible en países como México, donde existe una gran riqueza cultural, biológica y ambiental. Un ejemplo en este sentido, lo constituye la degradación de la materia orgánica a través del eficiente sistema multienzimático del Reino Fungi, la cual permite no sólo su bioreciclaje acelerado en los ecosistemas, sino también la posibilidad de producir alimentos en cortos períodos de tiempo, tales como diversos hongos comestibles (Martínez-Carrera et al., 2016).

Las algas son organismos importantes de los ecosistemas acuáticos de nuestro planeta. Algunas especies, tales como *Sargassum muticum*, se han reportado como alimento tradicional en Corea o como medicina tradicional en China (Milledge et al., 2016).

Por su parte, el sargazo pelágico (*Sargassum*) es una macroalga parda (*Phaeophyceae*) cosmopolita que flota libremente en mares y océanos, conformando un hábitat natural que beneficia a un gran número de especies. En el Caribe Mexicano, los expertos han identificado dos especies que arriban anualmente, correspondientes a *S. natans* y *S. fluitans* (Rodríguez-Martínez et al., 2016), de las cuales existen pocos estudios sobre su biología, distribución, usos, y potencial de aprovechamiento. Recientemente, se ha observado y documentado la afluencia masiva de sargazo pelágico en las costas del Caribe Mexicano.

El fenómeno es creciente, como lo son sus implicaciones sociales, económicas y ecológicas adversas al turismo, considerando que tan sólo en el Estado de Quintana Roo, se recibieron 16.9 millones de visitantes en 2017, cuya derrama económica superó los 8,810 millones de dólares americanos (SEDETUR, 2018).

En este trabajo se propone utilizar la biotecnología de producción de hongos comestibles, funcionales y medicinales, como una alternativa para aprovechar el sargazo que se acumula anualmente en las costas del Caribe Mexicano, como substrato de cultivo, biodegradándolo, y promoviendo su reciclaje acelerado en la naturaleza. Los hongos comestibles contienen diversos compuestos bioactivos con propiedades benéficas para la salud (anticancerígenas, antibióticas, antioxidantes, antiinflamatorias, reductoras del nivel de colesterol y la hipertensión, antitrombóticas, antidiabéticas; Chang & Miles, 2004), y son culturalmente aceptados por gran parte de la población y el turismo internacional.

La problemática

La proliferación y afluencia masiva de algas en las costas de muchos países es un fenómeno cada vez más frecuente y de mayor impacto. Aunque se desconocen las causas específicas que le dan origen, las evidencias indican que el fenómeno está relacionado con la eutrofización del mar (Smetacek & Zingone, 2013) y posiblemente con el incremento de la temperatura oceánica derivada del cambio climático, lo cual modifica los patrones de vientos y las corrientes oceánicas. Las imágenes satelitales muestran que el sargazo que impacta el Caribe Mexicano proviene de la parte centro oriente del océano Atlántico (USF- NASA, 2018).

En el Caribe Mexicano, la llegada repentina de sargazo pelágico en las costas, principalmente del Estado de Quintana Roo, se caracterizó en sus inicios por eventos aislados, con pequeñas cantidades en algunos meses. Sin embargo, durante el período 2011-2018, la proliferación y afluencia masiva de sargazo pelágico se incrementó de manera alarmante (Schell et al., 2015).

En 2018, se observó la mayor acumulación de sargazo en las playas, y su presencia duró prácticamente todo el año. Al llegar a la costa, las grandes cantidades relativamente homogéneas de biomasa del sargazo, se vuelven por completo heterogéneas en pocas horas o días.



Su acumulación diaria genera pilas de sargazo y encharcamientos que promueven procesos fermentativos con olores desagradables e inician la degradación de la materia orgánica. La marea y el oleaje arrojan parte del sargazo fermentado de nuevo al mar, contaminándolo y mezclándolo cíclicamente con el sargazo fresco. Las propiedades ópticas del agua cambian al incorporar masas de sargazo en el mar, formándose una capa de hasta 20 cm de grosor, la cual bloquea la luz solar y rompe el equilibrio energético en los productores primarios del sistema arrecifal, como son las praderas de pastos marinos.

También se rompe el delicado equilibrio trófico de un sistema eminentemente oligotrófico, el cual, en circunstancias normales, carece de material particulado en suspensión. Con el tiempo, las pilas heterogéneas y deshidratadas de sargazo, parcialmente degradado o aprovechado por una gran variedad de organismos, son arrastradas de manera gradual por el viento e integradas a las dunas costeras, promoviendo la formación de cobertura vegetal y reduciendo la erosión ocasionada por vientos y mareas.

Durante su largo trayecto del mar a las dunas, el sargazo a menudo se mezcla con arena y diversos residuos de las actividades humanas, principalmente plásticos. Esta considerable heterogeneidad del sargazo acumulado en las costas dificulta en gran medida su posible utilización, ya que la mayoría de los procesos industriales requieren justamente lo opuesto, materia prima homogénea.

La afluencia masiva, acumulación y lento reciclaje natural del sargazo tiene enormes implicaciones sociales negativas en las costas del Caribe Mexicano, principalmente del Estado de Quintana Roo, ya que las principales actividades económicas dependen del turismo, sobre todo el internacional. La presencia de sargazo deteriora el paisaje, y el mar contaminado puede generar irritaciones o enfermedades (GCFI, 2018).

El sargazo, por haber recorrido grandes distancias en el mar hasta llegar a la costa, también puede acarrear especies invasoras que tengan impacto ecológico negativo a nivel local. Remover el sargazo pelágico del mar o las pilas heterogéneas de sargazo de la costa es difícil de manejar, manualmente o mecánicamente, ya que son enormes cantidades y los procesos tienen costos económicos. La maquinaria disponible en el mercado es cara, bastante rudimentaria y está diseñada para pequeñas cantidades, por lo que su uso debe ser limitado y con operadores capacitados.

La disposición del sargazo también puede tener serias implicaciones ecológicas, tales como la erosión manual o mecánica de arena y nutrientes; la compactación de arena; la modificación geomorfológica de playas; el daño al sistema de dunas; el incremento de la erosión eólica; el impacto negativo en zonas arrecifales, praderas marinas y comunidades coralinas; la afectación del desove y los nidos de las tortugas marinas, así como del regreso al mar de las recién nacidas; la remoción de vegetación costera; el impacto negativo en el suelo y el agua subterránea derivado del confinamiento en sitios autorizados y supervisados.





En 2019, se espera que la afluencia masiva de sargazo pelágico sea equivalente a la observada en 2018, o incluso mayor debido a la previsión del fenómeno de El Niño con temperaturas oceánicas más elevadas, lo que intensificará los patrones de vientos y corrientes oceánicas. A futuro, desafortunadamente, existen altas probabilidades de que el problema del sargazo continúe incrementándose de manera incontrolable, razón por la cual México debe invertir ahora en el desarrollo de investigaciones científicas básicas, aplicadas y socioeconómicas para manejar o revertir sus efectos adversos.

Esto permitirá cubrir los vacíos de conocimiento existentes frente a una problemática que tomó completamente desprevenidos a todos los niveles de gobierno. Existe no sólo lentitud de reacción, sino también confusión organizacional sobre los niveles de responsabilidad y cómo debe abordarse la problemática, lo cual ha generado dispendio de recursos. Tan sólo en 2018, se estimó una inversión superior a los 240 millones de pesos en el Estado de Quintana Roo, para experimentar con una barrera de contención y recolectar manualmente más de 250,000 m³ de sargazo en las playas (Rebolledo-Vieyra, 2018).

