

Avance y Perspectiva

Revista de divulgación del CINVESTAV

Los colores de la biotecnología

Karina Galache · Thursday, October 7th, 2021

Categorías: Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta

Foto de portada: *Solieria filiformis* cultivada en sistema IMTA.

Daniel Robledo

En sentido estricto la palabra biotecnología proviene del griego βίος [bíos], «vida», τεχνη [-tecne-], «destreza» y -λογία [-logía], «tratado, estudio, ciencia», y es entendida en su acepción más amplia y práctica como “el empleo de organismos vivos y sus productos para obtener un bien o servicio”. Para lograrlo, la biotecnología echa mano de diferentes ciencias como la química, la biología y la física; y si bien la palabra pudiera sonar como algo moderno y de reciente creación, no es del todo correcto pues el agrónomo húngaro Karl Ereky fue el primero en utilizar el término a finales de la década de 1910 [1]. Lo cierto es que esta ciencia surgió hace cientos de miles de años, probablemente desde el Paleolítico, cuando el *Homo sapiens* con su cerebro de 1,400 cm³ empezaba su transición de hábitos nómadas hacia los sedentarios. Una vez que dominó el fuego y adquirió la capacidad para producir sus alimentos, cultivando vegetales y domesticando animales, fue el momento en el que la biotecnología se volvió una compañera en la historia evolutiva del género humano.

Los conocimientos inicialmente empíricos de manejo y uso de procesos biológicos, hoy reconocibles dentro de la biotecnología, se utilizaban desde los comienzos de la historia de la humanidad y estaban relacionados principalmente con la elaboración de alimentos, tal es el caso de la fermentación de bebidas como el vino o el pulque, la fabricación de quesos y la panadería. Posteriormente sucedió algo similar con el desarrollo de las vacunas a través de las primeras observaciones del médico Edward Jenner (1749-1823), los postulados de Robert Koch en 1884, y el diseño, un año más tarde, de la primera vacuna de Luis Pasteur con base en microorganismos atenuados. Y qué decir de Mendel, sus experimentos con los chícharos y la postulación posterior de sus leyes en 1865 que permiten actualmente mejorar los procesos de selección intraespecies.

Si reflexionamos por un momento, caemos en la cuenta de que la biotecnología incide y tiene aplicaciones en todas nuestras actividades diarias, como humanos y como sociedad, desde el desarrollo de nuevas terapias y fármacos para el tratamiento de enfermedades clásicas y emergentes, como es el caso de COVID-19, pasando por el desarrollo de nuevos productos alimenticios (nutraceúticos o alimentos funcionales), y el manejo adecuado de residuos

contaminantes para la sustentabilidad ambiental.

La historia nos confirma que para entender y usar la naturaleza, el *Homo sapiens* ha tenido la necesidad de organizar y clasificar lo que le rodea: fruta venenosa, no venenosa, fruta inmadura o madura, etcétera. Así también surge la tendencia de simplificar la biotecnología, tan amplia y con innumerables aplicaciones, categorizándola mediante colores para concretar sus usos y referirse a ellas de manera universal [2]. Sin duda la más reconocida es la biotecnología verde, enfocada a la agricultura (plantas transgénicas, agentes insecticidas), pero sin desplazar a la roja, aplicada a medicina (terapia génica, vacunas, terapia celular), la amarilla relacionada con la alimentación (nutraceúticos), la blanca, para usos industriales (biocombustibles, enzimas catalizadoras), la gris, aplicada al cuidado del medioambiente (saneamiento de suelos, reciclaje de sustancias residuales) y más recientemente la azul, dirigida a los ambientes acuáticos. En definitiva, un auténtico arcoíris de posibilidades.



Fig. 1. Clasificación de la biotecnología por su color y aplicación.

La biotecnología azul y los océanos

Los océanos constituyen más de dos terceras partes de nuestro planeta. Son fuente de abundantes y diversos recursos, además de los alimenticios. Debido a ello, la comunidad científica ha explorado estas zonas con el fin de producir bienes y servicios a partir de los mares; el desarrollo de nuevas moléculas terapéuticas, la producción de biocombustibles alternativos y no contaminantes, y la adaptación de la acuicultura en función de las necesidades sociales y ambientales son tan solo una muestra de ellos.

La biotecnología azul, también conocida como biotecnología marina, es una disciplina basada en el estudio de las propiedades de los organismos marinos, sus genomas y uso potencial y desarrollo de productos derivados para ser aplicados en diferentes áreas en beneficio del ser humano, integrándose en diferentes sectores de la biotecnología existente.

Pero ¿qué puede hacer la biotecnología azul por nosotros? Muchísimas cosas. Por ejemplo, el descubrimiento a finales de los años 60 de una proteína verde fluorescente (GFP, por sus siglas en inglés) proveniente de la medusa *Aequorea victoria* tuvo un gran impacto en la biología celular; actualmente permite etiquetar otras proteínas y de esta forma obtener información sobre la localización, dinámica y cambios bioquímicos dentro y entre las células (desarrollo de redes neuronales, evolución de enfermedades como el cáncer o el Alzheimer, proliferación de ciertos virus, entre otros). Recientemente Europa aprobó la trabectedina, primer antitumoral de origen marino del mundo, obtenido del tunicado *Ecteinascidia turbinata* y que hoy se comercializa con el nombre de Yondelis® en más de 80 países. Otro ejemplo notable es el compuesto ziconotide, extraído de un gasterópodo del género denominado *Conus* y usado en el tratamiento del dolor crónico. El fármaco comercializado con el nombre de Prialt® posee ventajas importantes: no produce dependencia ni desarrolla tolerancia y tiene un potencial analgésico muy superior a la morfina [3]. Los vegetales marinos también detentan un papel protagónico en la biotecnología azul. Tal es así que el alga verde *Ulva lactuca* es utilizada como material de sustitución de la sílice amorfa en la fabricación de llantas para automóviles, tecnología patentada por la empresa italiana Pirelli [4]; será cuestión de tiempo ver estas llantas rodar en las calles.

En el océano las algas están sometidas a variaciones constantes en el medio que habitan: la luz que reciben, la temperatura, salinidad y nutrientes donde crecen y el oleaje y mareas que las mecen. Como forma de adaptación a este medio variable han desarrollado una gran capacidad para producir numerosos compuestos y metabolitos, a veces únicos, que pueden compensar estos cambios y fluctuaciones. Así, la producción de diversos compuestos entre los que encontramos ciertos pigmentos, fenoles, terpenos, polisacáridos, esteroides, proteínas, aminoácidos y lípidos garantiza su supervivencia en estos ambientes. Es relevante señalar que muchas de las moléculas producidas por las algas muestran también diferentes actividades biológicas, por lo que pueden funcionar como agentes antioxidantes, antitumorales y antivirales. Es por ello que las algas marinas se convierten en importantes reservorios de nutrientes y de sustancias bioactivas, siendo una fuente potencial de nutraceuticos, es decir, alimentos o ingredientes alimentarios que benefician a la salud más allá de su valor nutritivo [5].

De acuerdo con la Organización Mundial de las Naciones Unidas, para el 2050 seremos casi 10,000 millones de personas habitando el planeta; en este contexto, el cultivo de algas marinas para obtener biomasa abundante se considera como una posible solución para satisfacer las demandas de alimento, además de coadyuvar a desafíos globales tales como la salud humana, contribuyendo a una bioeconomía circular sostenible. En los últimos años, gracias a los avances de la biotecnología marina y la acuicultura se ha logrado establecer el concepto de acuicultura multitrofica integrada (IMTA, por sus siglas en inglés). Este concepto se basa en el cultivo, en un mismo sistema, de organismos de diferentes niveles tróficos, donde la excreción de estos especímenes de nivel superior se convierte en un recurso utilizado por los niveles inferiores, creando así una cadena trófica que permite reducir la cantidad de residuos vertidos al ecosistema, mejorando la calidad del agua y la sanidad de los animales [6]. En los sistemas IMTA, la presencia de las algas destaca debido a su capacidad de biofiltración, ya que maximiza la eficiencia de los recursos a la vez que proporciona una biorremediación natural en los sitios de cultivo, mejorando la calidad del agua al absorber los nutrientes. Los sistemas de acuicultura multitrofica contribuyen a hacer que la acuicultura sea más sostenible, competitiva y diversa, sin contar con que la biomasa algal obtenida puede tener un potencial valor económico.



Cosecha de *Rhodomenia pseudopalmeta* cultivada en sistema IMTA. Foto: Daniel Robledo

Los laboratorios de Ficología Aplicada y Ficoquímica Marina del Cinvestav-Mérida se enfocan desde hace varios años en la fisiología y reproducción de algunas especies de algas marinas tropicales con potencial biotecnológico, lo que les ha permitido conocer y desarrollar estrategias de crecimiento, cultivo y manipulación con miras a su aprovechamiento. A la par se realizan trabajos de valorización de las especies mediante la extracción de metabolitos con actividad biológica para su aplicación como fuente de compuestos con potencial nutraceutico y agentes terapéuticos. Se han obtenido resultados muy promisorios derivados del proyecto NUTRAMAR (Nutraceuticos de Algas Marinas Conacyt-2015-01-118) con las algas rojas *Rhodomenia pseudopalmeta* (J.V.Lamouroux) y *Solieria filiformis* (Kützing) Gabrielson. Estas especies se integran exitosamente en un sistema IMTA, mostrando alta productividad y tasas de crecimiento, además de beneficios ambientales al disminuir las concentraciones de amonio en el agua proveniente del cultivo de otros organismos animales [7].

Aunado a lo anterior, la biomasa de estas dos especies puede ser manipulada tanto en su cultivo como durante su extracción, obteniendo con éxito compuestos bioactivos con actividad antioxidante [8,9] y antiviral [10]. Actualmente se trabaja en la actividad antidiabética y

anticolesteronémica de sus extractos con el objetivo de identificar compuestos que pudieran ayudar a tratar y prevenir patologías como la obesidad y diabetes a través de la inhibición de las enzimas encargadas de la hidrólisis de carbohidratos y lípidos. No está por demás señalar que la presencia de estas dos enfermedades, aunada a la existencia de hipertensión da lugar al desarrollo del síndrome metabólico, catalogada como enfermedad no transmisible (ENT). Las ENT progresan lentamente y conducen a una reducción de la calidad de vida de los pacientes, así como a un aumento de la morbilidad y la mortalidad, generando un alto costo económico y social. Es importante señalar que, en lo referente a la seguridad alimentaria, las especies no muestran citotoxicidad ni acumulación de metales pesados como plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As) que pudieran ser nocivos para la salud, por lo que tendrían posibilidad de incluirse en la dieta alimenticia.



Propuesta gastronómica del Chef Pedro Evía del Restarante K'u'uk para *Solieria filiformis*. Foto: Yolanda Freile

Resultados del mismo proyecto NUTRAMAR sugieren que para *Solieria filiformis* la técnica de encurtido es uno de los procesamientos más adecuados desde el punto de vista nutricional para su eventual consumo. Además de obtener una atractiva coloración roja con esta técnica, la presencia del ácido graso monosaturado, ácido oléico (C18:1), componente principal del aceite de oliva usado en dietas saludables, se ve favorecido. Por lo anterior esta especie (*S. filiformis*) ha sido propuesta como una alternativa excelente y sustentable dentro un marco de biotecnología azul. Por ello, y a partir de los resultados obtenidos, se espera contribuir con un beneficio ambiental, de salud humana, nutricional y biotecnológico. Sin embargo, a pesar de los beneficios potenciales para nuestra salud la “pregunta del millón” surge... ¿comeremos algas? ¿nos gustarán?



Propuesta gastronómica del Chef Pedro Evía del Restarante K'u'uk para *Rhodymenia pseudopalmata*. Foto: Yolanda Freile

Para responder algunas de estas preguntas, desde principios de este año se lleva a cabo un estudio prospectivo con la finalidad de obtener información sobre la percepción y actitud hacia el consumo de algas marinas como opción alimenticia en México. Como parte de la investigación se lanzó un cuestionario de alcance nacional que se puede consultar en la siguiente liga, y el cual los animamos a contestar, amables lectores:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScC_u5fePyRtdvrODt6tK1oaAOli2yfW3WdbcIY5VaHTjQsQA/viewform?pli=1

A la fecha aproximadamente 650 han respondido a la encuesta, aunque el sondeo continúa abierto, y los datos obtenidos se siguen generando y analizando estadísticamente para obtener una respuesta certera al potencial de las algas como alimento humano en México. Es interesante notar que los resultados preliminares parecen evidenciar que la falta de conocimiento e información son la principal barrera que evita que nos animemos a integrar a las algas marinas en nuestra alimentación diaria, dando la razón al refrán popular “no se puede comer lo que no se conoce”. De tal suerte, es necesario e imperativo impulsar la divulgación de las propiedades y beneficios para propiciar una mayor aceptación como producto marino alternativo.

La apuesta por este color de la biotecnología es uno de los grandes desafíos de la investigación en el contexto mundial en los años venideros. Desde luego, nos queda mucho por investigar, así que

en esta ocasión no hay un colorín colorado... porque esta historia aún no ha terminado.

Literatura citada

- [1] Fári MG, Krazlovánsky UP (2006) The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky. *International Journal of Horticultural Science* 12 (1): 9-12.
- [2] Da Silva, EJ (2004) The colours of biotechnology: science, development and humankind. *Electronic Journal of Biotechnology* 7(3), 01-02.
- [3] Prommer E (2006) Ziconotide: a new option for refractory pain. *Drugs Today* 42 (6): 369-378.
- [4] Cataldo F, Carrasco F, Paradossi G, Cavalieri F, Abati G, Esposito L (2006) Procedimento e formulazioni per la preparazione di mescolanze mediante l'impiego di biomasse come ad esempio *Ulva* e *ulvano* como biopolimerinaturali e loro impiego nella fabbricazione di pneumatici e di altri manufatti in gomma". Italia. Número de patente: 0001333847.
- [5] Lopes D, Melo T, Rey F, Meneses J, Monteiro FL, Helguero LA, Abreu M H, Lillebø A I, Calado R, Domingues MR (2020) Valuing bioactive lipids from green, red and brown macroalgae from aquaculture, to foster functionality and biotechnological applications. *Molecules* 25 (17): 3883.
- [6] Neori A, Shpigel M (1999) Using algae to treat effluents and feed invertebrates in sustainable integrated mariculture. *World Aquaculture* 30(46-49): 51.
- [7] Peñuela A, Robledo D, Bourgougnon N, Bedoux G, Hernández-Núñez E, Freile-Peigrín Y (2018) environmentally friendly valorization of *Solieria filiformis* (Gigartinales, Rhodophyta) from IMTA using a biorefinery concept. *Marine Drugs* 16: 487
- [8] Zepeda E, Freile-Peigrín Y, Robledo, D (2020) Nutraceutical assessment of *Solieria filiformis* and *Gracilaria cornea* (Rhodophyta) under light quality modulation in culture. *Journal of Applied Phycology* 32: 2363-2373.
- [9] Pliego-Cortés H, Bedoux G, Boulho R, Taupin L, Freile-Peigrín Y, Bourgougnon N, Robledo D (2019) Stress tolerance and photoadaptation to solar radiation in *Rhodymenia pseudopalmeta* (Rhodophyta) through mycosporine-like amino acids, phenolic compounds, and pigments in an integrated multi-trophic aquaculture system. *Algal Research* 41: 101542
- [10] Peñuela A, Bourgougnon N, Bedoux G, Robledo D, Madera-Santana T, Freile-Peigrín Y (2021) Anti-herpes simplex virus (HSV-1) activity and antioxidant capacity of carrageenan-rich enzymatic extracts from *Solieria filiformis* (Gigartinales, Rhodophyta). *International Journal of Biological Macromolecules* 168: 322-330.

This entry was posted on Thursday, October 7th, 2021 at 8:13 am 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.