



Biotecnológica Magazine

Revista en línea de divulgación biotecnológica

*Metabolitos
secundarios: La táctica
anti-estrés de las
plantas y su uso
potencial en
agricultura sustentable*

ANGÉLICA HERRERA-SEPÚLVEDA*,
LEANDRIS ARGENTEL-MARTÍNEZ

Vol. 1, Número 3

Julio-Agosto 2023
www.biotmagazine.com



BIOTECNOLÓGICA MAGAZINE, año 2023, No. 3, julio-agosto, es una publicación de divulgación, bimestral, editada por el Consejo Editorial Fundador: Dr. Felipe Ascencio Valle, Dra. Norma Y. Hernández Saavedra y Dra. Crisalejandra Rivera Pérez. <http://biotmagazine.com>, biotecnologicamagazine@gmail.com. Editor Responsable: Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra, Blvd. Constituyentes 1975, L19 MZB 165, Fracc. Campestre, La Paz, Baja California Sur, C.P. 23090, México. Tel. (612) 12 40674. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2024-022911435400-102; ISSN: En trámite. Ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. El contenido de los artículos y comunicaciones es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista del Consejo Editorial. Queda prohibida la reproducción total o parcial del contenido por cualquier medio sin la autorización expresa del Consejo Editorial.

Crédito Fotografía Portada: Mark Stebnicki (Canva)

Edición gráfica editorial y página web: Dra. Crisalejandra Rivera Pérez.

BiotechnoLógica Magazine es la revista en línea de divulgación biotecnológica dirigida a empresas, investigadores, estudiantes y a todos los que sientan curiosidad por esta innovadora área científica y tecnológica.

BiotechnoLógica Magazine publica artículos en el campo de la biotecnología y ciencias afines. Publica editoriales (mensaje de el o los editores), artículos, notas cortas, héroes entre nosotros (comportamiento o aportación destacada de académicos, estudiantes, técnicos, o ciudadanos en general), personajes (trayectorias), fotografías, infografías, y noticias de actualidad en áreas gubernamentales, académicas, empresariales e investigaciones destacadas en el campo de la biotecnología, ciencias biológicas, ciencias de la vida, y ciencias ambientales, acuícolas, agropecuarias, veterinarias y ciencias médicas y biofarmacéuticas.

ORGANISMO RESPONSABLE



BiotechnoLógica Magazine, registro en trámite (Folio 210264)

CONSEJO EDITORIAL FUNDADOR

Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra

Dr. Felipe Ascencio Valle

Dra. Crisalejandra Rivera Pérez

CO-DIRECTORES EDITORIALES

Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra

Dr. Felipe Ascencio Valle

EDITOR EJECUTIVO

Dra. Crisalejandra Rivera Pérez

biotecnologicamagazine@gmail.com

www.biotmagazine.com

Facebook @biotechnoLogicamagazine

Instagram biotecnologicamagazine

Threads biotecnologicamagazine

ÍNDICE

VI EDITORIAL

- 1** *Descubrimientos e inventos que cambiaron el curso del desarrollo de la humanidad*
Norma Y. Hernández Saavedra
- 8** *Metabolitos secundarios: La táctica anti-estrés de las plantas y su uso potencial en agricultura sustentable*
Angélica Herrera-Sepúlveda, Leandris ArgenteI-Martínez
- 15** *¿No podemos comer mariscos durante marea roja? ¿por qué y qué se puede hacer?*
Norma Y. Hernández Saavedra
- 27** *Bajo la superficie: Explorando la diversidad de las orca*
Berenice Vidal García, Claudia Ivette Maytorena Verdugo
- 31** *Paola Magallón Servín*
Héroes entre nosotros

EDITORIAL

Estimad@s Lector@s

Este 16 de julio se cumplieron 53 años de que el Apolo 11 llegase a la Luna; en esta misión, la tripulación estuvo constituida por el comandante Neil A. Armstrong (38 años), el piloto del Lunar Excursión Module (LEM, por sus siglas en ingles) Edwin E. Aldrin Jr. (39 años) y el piloto del módulo de mando Michael Collins (38 años). La nave Apolo de la misión se envió al espacio el 16 de julio de 1969, realizó su alunizaje el 20 de julio de ese mismo año y al día siguiente dos astronautas (Armstrong y Aldrin) se convirtieron en los primeros en caminar sobre la superficie lunar. Los astronautas recorrieron el terreno durante más de dos horas, durante ese tiempo, colectaron 22 kilos de muestras de suelo y rocas lunares e instalaron instrumental científico para detección de sismos, partículas solares y un reflector láser. La misión completa tuvo una duración de 8 días, 3 horas, 18 minutos y 35 segundos (algo más de 195 horas de viaje) durante las cuales tanto astronautas como los ingenieros de la NASA vivieron probablemente los momentos de mayor incertidumbre de sus vidas.

A 53 años de distancia de ese histórico y único momento en la vida del hombre, tenemos que, imaginando el futuro, en unos años, los seres humanos estableceremos colonias en otros cuerpos celestes fuera de la Tierra. Aunque esto suene a ciencia ficción, solo faltan algunos años para que esta idea pueda concretarse. Prueba de ello, es que la NASA está trabajando en el despliegue del Deep Space Gateway que es una base lunar que orbitará la Luna a partir de 2024, además, para la década de los años 30 ya esta pronosticada una misión tripulada a Marte.

La biotecnología es una herramienta fundamental en la exploración espacial, especialmente en misiones de larga duración. El desarrollo de soluciones sostenibles es crucial para hacer posibles misiones espaciales más allá de la Luna y Marte. La utilización de recursos in situ (ISRU) es una de las formas más efectivas de lograrlo, y la biotecnología juega un papel clave en este proceso. Los avances en biotecnología permiten el desarrollo de tecnologías para procesar fibras y otros materiales en el espacio, lo que puede ayudar a reducir la cantidad de suministros necesarios para misiones espaciales de larga duración. Además, la biotecnología puede hacer que las aplicaciones de tecnología espacial sean más accesibles y sostenibles para el desarrollo justo y sostenible.

En la Tierra, obtenemos el oxígeno de las plantas y otros seres vivos a través de la fotosíntesis, por lo que, esto es lo que podríamos hacer también en el espacio. Es por esto por lo que científicos de todo el mundo están empezando a emplear técnicas biológicas para generar los sistemas de soporte de vida en el espacio y han creado la disciplina de la biotecnología espacial. Esta disciplina está empezando a dar frutos muy rápidamente y nos da esperanzas para hacer la colonización del espacio una realidad.

La utilización de microorganismos es una de las formas más prometedoras de soporte vital y gestión de recursos en el espacio. Los microorganismos pueden proporcionar una fuente sostenible de alimentos, oxígeno y agua para los astronautas en misiones de larga duración. Además, los microorganismos pueden ayudar en la eliminación de contaminantes y en la gestión de residuos en el espacio. La investigación en biotecnología espacial también puede tener implicaciones para la agricultura en la Tierra, como la mejora de la producción de cultivos en condiciones extremas.

La investigación biotecnológica en el espacio también puede tener implicaciones importantes para la medicina. La producción de medicamentos en el espacio puede llevar a la identificación de nuevas terapias y tratamientos para enfermedades. Además, la investigación en biotecnología espacial puede ayudar a desarrollar alimentos y medicamentos más sostenibles y eficientes en la Tierra. En resumen, la biotecnología es una herramienta esencial en la exploración espacial, no solo para la supervivencia de los astronautas, sino también para el desarrollo sostenible y la mejora de la vida en la Tierra. Bajo estos términos, la clave de la supervivencia de la humanidad es en gran parte la biotecnología espacial.

¡Bienvenidos!

Atentamente,

Consejo Editorial Fundador
biotecnologicamagazine@gmail.com

Descubrimientos e inventos que cambiaron el curso del desarrollo de la humanidad

Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra

nhernan04@cibnor.mx

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Sta. Rita Sur, La Paz,
23090, B.C.S., México.

Tema: Reflexión acerca del impacto de la generación de conocimiento científico en la humanidad y en la conservación del planeta.

El hombre ha sido observador, curioso e inventivo desde la prehistoria. Ha tratado de interpretar su realidad con los elementos y conocimientos de su entorno, los ha hecho propios y los ha usado en su beneficio, ya sea para sobrevivir u obtener algún tipo de ventaja o satisfactor, lo que a lo largo de la historia nos posiciona en la realidad actual.

A lo largo de la historia ha habido multitud de inventos y descubrimientos que han cambiado su curso. Algunos de ellos se han olvidado, pero otros han representado grandes avances socia-

les y tecnológicos. Independientemente del tamaño de la lista que se pudiera elaborar tratando de enumerarlos (en internet se pueden encontrar listas desde 5 hasta mas de 100), los descubrimientos y/o inventos mas consistentes son 15: 1) el fuego - hacerlo y controlarlo-; 2) la rueda, 3) el arado; 4) la pólvora; 5) el hormigón; 6) el foco; 7) la máquina de vapor; 8) la imprenta; 9) el avión; 10) los antibióticos; 11) el motor de combustión; 12) el telégrafo; 13) la computadora; 14) el teléfono y 15) el internet (Fig. 1).

Si categorizamos esta lista por temas, tenemos que, en ciencias, la aportación más importante indiscutiblemente ha sido el descubrimiento de los antibióticos por Pasteur y Koch en 1877. Sin embargo, no fue sino hasta 1928, que Fleming descubrió la penicilina y en 1942 Florey y Chain descubrieron, aislaron y lograron la producción industrial de la penicilina, y gracias a su existencia, innumerables vidas han sido y son salvadas, de hecho, con su aparición, enfermedades que en el siglo XVII se consideraban mortales dejaron de serlo.

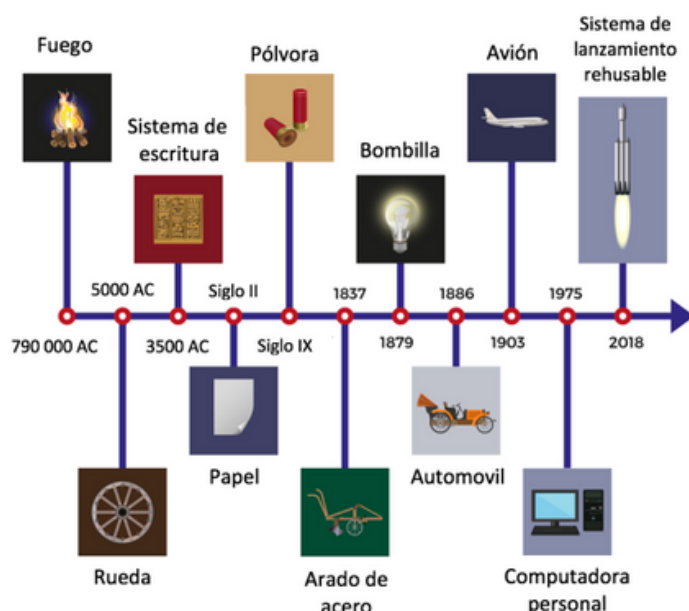
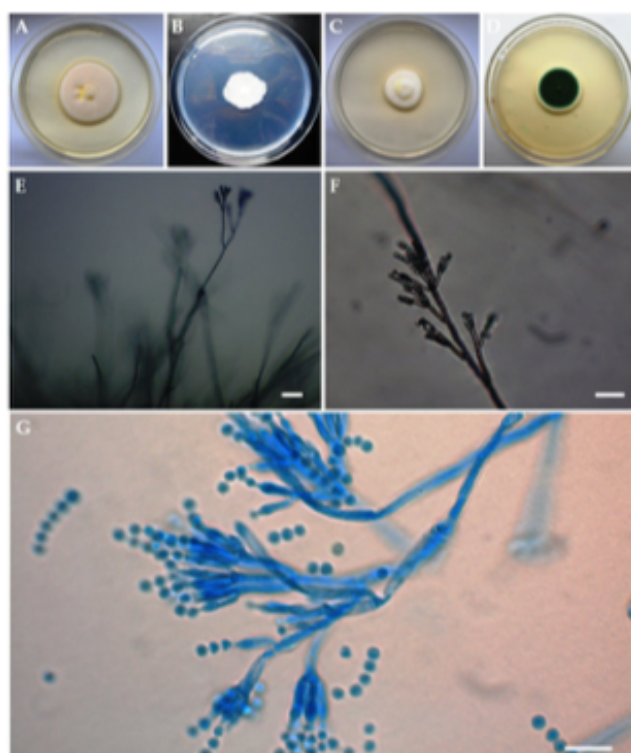


Figura 1. Línea de tiempo con algunos de los inventos y descubrimientos históricos relevantes.

Al inicio, Fleming producía 2 milésimas de gramo de penicilina por cada litro de cultivo del hongo, luego, se encontró que otras especies de *Penicillium* eran mejores productoras y se identificó que *P. chrysogenum* (Fig. 2) era una especie superproductora natural. Posteriormente, se produjeron cepas mutantes de *P. chrysogenum* (super superproductoras), y con la mejora en las técnicas de fermentación realizadas por la industria biotecnológica, en la actualidad se obtienen en promedio 60 gramos de penicilina por cada litro de cultivo; una verdadera barbaridad. Este es un clarísimo ejemplo de lo que el acoplamiento de la biología, el conocimiento científico y la industria pueden generar en beneficio de la humanidad (Fig. 3).

Pero, entonces, surge la duda, ¿cuáles son los descubrimientos científicos más importantes de la historia?



Según la publicación 20min, los 5 descubrimientos científicos que han transformado nuestra forma de pensar y vivir a lo largo de los siglos son el descubrimiento de: 1) la anestesia (1842-1846); 2) la teoría de la selección natural (1858); 3) los rayos X (1895); 4) la teoría de la relatividad (1905) y 5) la penicilina (1920s-1930s).

Sin embargo, debemos reconocer que a partir de los 70s – 80s ha habido un crecimiento continuo y exponencial, en la velocidad, cantidad y calidad de los avances científicos basados, en un inicio, en la deducción de la estructura del material genético (modelo de la doble hélice de ADN; Watson y Crick-1954), el desarrollo de técnicas de secuenciación de material genético (polimerización interrumpida con el uso de dideoxiribonucleótidos, Sanger et al.-1977); el desarrollo de la tecnología del ADN recombinante (Boyer y Cohen-1973), la PCR (Mullis-1983), la clonación de la oveja Dolly (Wilmut et al.-1998) y la secuenciación completa del genoma humano (Gobierno de los Estados Unidos-2003).

Figura 2. Observaciones macroscópicas y microscópicas de *Penicillium chrysogenum*. Cultivos de 7 días de crecimiento en diferentes medios de cultivo: A) CIA, B) Agar Czapek-Dox, C) MEA, y D) PDA. Cultivos de 2 semanas en placa de Petri al microscopio: E) Estípites y F) Conidios. Observaciones al microscopio teñido con azul de algodón: G) conidios. Barras de escala: 50 μ m (E), 20 μ m (F), 10 μ m (G,H). Tomado y modificado de Ogórek et al., 2020.



Figura 3. Proceso de obtención y efecto de los antibióticos.

Todos estos son descubrimientos e inventos que nos han permitido avanzar a pasos agigantados en todas las áreas de la ciencia. Actualmente, el conocimiento cada vez es mas profundo así como el entendimiento de los procesos, por lo que en la década pasa -

da (2010-2020) se consideran como los descubrimientos y avances científicos más importantes, cuestiones tan específicas como: 1) En el 2010 se usaron, en humanos, células madre embrionarias para devolver la sensibilidad y el movimiento de ciertos miembros de pacientes que habían sufrido graves lesiones en la médula espinal; 2) En marzo del 2014 el CNRS confirmó la existencia de la partícula que había sido teorizada en los años 60 por el físico británico Peter Higgs (Bosón de Higgs); 3) En el 2016 se confirmó la detección de ondas gravitacionales, que son parte fundamental de la Teoría de la Relatividad de Einstein; 4) En el 2016 un equipo de científicos chinos modificó, por primera vez, el genoma humano al inyectar a un paciente células modificadas genéticamente para “editar”, de forma molecular, el genoma de sus células para que mejoraran su respuesta inmune natural y mejorar combate contra el cáncer; 5) En 2013, la sonda Voyager 1 (lanzada en 1977 y que tardó 36 años en recorrer nuestro Sistema), salió del Sistema Solar, convirtiéndose en el primer objeto construido por el hombre que ha llegado tan lejos; 6) En 2014 un equipo de científicos internacionales consiguió fabricar un cromosoma sintético (ADN artificial) de una célula eucariota; 7) En 2018, científicos de dos instituciones españolas lograron que seis pacientes VIH+, redujeran el número de partículas virales de su sangre y tejidos mediante el trasplante de células madre; 8) En 2018, la NASA informó que el Curiosity encontró moléculas orgánicas de aproximadamente 3,000 millones de años en

rocas sedimentarias de Marte (cráter Gale).

A inicios de este año, la revista Science dió a conocer su 'top ten' de avances científicos en 2022. Según el jefe de sección de noticias, las notas se eligieron considerando como criterio su impacto en la investigación y en la sociedad y, también, en la ciencia del futuro:

1. El telescopio Webb se abre al universo, por lo que en junio de 2022 inició el descubrimiento de miles de nuevas galaxias, más lejanas y antiguas que las documentadas hasta entonces.

2. El descubrimiento de la bacteria más grande del mundo, un microbio que se ve a simple vista (Biotmagazine) y sus complejas estructuras internas, ha hecho que en el 2022 los microbiólogos se replanteen los principios básicos de la biología. El material genético de esta bacteria esta almacenado en compartimentos llamados 'pepins' que se unen a la membrana plasmática, lo que antes era considerado como una característica restringida a células más complejas (con un núcleo definido).

3. En China, un grupo de investigadores crearon una nueva variedad de arroz perenne (PR23), cruzando arroz asiático comercial con un arroz silvestre, perenne, de origen Africano. En 2018, los investigadores de la Universidad de Yunnan entregaron esta nueva variedad de arroz a los agricultores -

chinos, que experimentaron (a gran escala) hasta cuántas veces se podía cosechar el arroz sin eliminar la planta y así poder estimar su rendimiento. Desde 2018 a 2022, se ha encontrado que el arroz PR23 produce la misma cantidad de granos que el arroz normal (de siembra estacional) y sobrevive año tras año sin dejar de producir, por lo que los problemas de agotamiento y erosión de los suelos se pueden minimizar.

4. Hace 700 años la peste negra terminó con el 50% de la población de Europa. Después de analizar el ADN antiguo proveniente de los huesos de más de 500 personas enterradas antes, durante y después de esta peste en Londres y Dinamarca, un equipo de investigadores identificó un patrón: los supervivientes a la peste tenían más probabilidades de portar variantes genéticas que potenciaban su respuesta inmunitaria frente a *Yersinia pesti* (bacteria causante de la peste), encontraron que tener dos copias de una variante del gen ERAP2 estaba muy asociado con la supervivencia a la peste. Hoy día, esta variante se encuentra en el 45 % de los británicos, sin embargo, esta misma variante también confiere un riesgo mayor de desarrollar enfermedades autoinmunes, como la enfermedad de Crohn y la artritis reumatoide.

5. Hasta el año pasado, se consideraba que la duración promedio del ADN era de un millón de años, y que el material más antiguo estaría completamente destruido y sería imposible de leer. Sin embargo, el año pasa-

do los científicos lograron extraer diminutos fragmentos de ADN de al menos 2 millones de años de antigüedad, del suelo helado del Ártico. En su estudio, los científicos extrajeron fragmentos de ADN de 41 muestras de una gruesa capa de sedimentos en la desembocadura de un fiordo. El análisis los ayudó a reconstruir un mundo perdido, en este caso, un frondoso bosque costero distinto de los actuales que floreció durante un episodio de clima cálido en el extremo norte de Groenlandia. Encontraron señales de la existencia de álamos, tuyas (Thuja) y otras coníferas, fauna como gansos negros y cangrejos herradura, y mamíferos como renos, lemmings y mastodontes; analizar genes antiguos ayuda a conocer mejor las adaptaciones de las especies.

6. El virus respiratorio sincitial (VRS) es un patógeno que infecta el tracto respiratorio y es causante de bronquiolitis y neumonía en lactantes menores de un año, aunque también puede afectar a adultos lo que es un grave problema respiratorio en personas mayores. Las nuevas vacunas se basan en estudios de 2013 sobre proteínas virales, pero en 2022 se ha logrado que desarrollen niveles mucho más altos de potentes anticuerpos y resolver problemas de seguridad.

7. El 26 de septiembre del 2022 la NASA impactó na nave espacial contra Dimorphos (una pequeña luna que gira alrededor del asteroide Didymos), para alterar su órbita y demostrar que esa estrategia algún día podría salvar a la Tierra (simulacro de defensa planetaria: **misión DART**).

La sonda Double Asteroid Redirection Test (DART), se estrelló contra el Dimorphos a unos 6 kilómetros por segundo. Pocos días después la NASA confirmó el éxito de la misión ya que se comprobó que el impacto alteró la órbita de Dimorphos, acortándola en 32 minutos.

8. En el verano del 2022 en EE. UU. se publicaron las disposiciones climáticas (Ley sobre el clima) de la llamada Ley de Reducción de la Inflación (IRA), y se destinaron 369.000 millones de dólares (aprox. 10 años) para apoyar la generación de electricidad de fuentes renovables y la energía nuclear, fomentar el paso hacia el uso de vehículos eléctricos y apoyar la investigación para reducir las emisiones industriales. Con estas acciones se calcula que en 2030 EE. UU. podría reducir el 40% de sus emisiones de gases de efecto invernadero (respecto a 2005).

9. La IA está conquistando ámbitos que antes se pensaban exclusivos para lo humanos, como la expresión artística y los descubrimientos científicos. Las pruebas más asombrosas las aportan los modelos de texto a imagen, que usan el aprendizaje automático para asociar palabras con imágenes *on line*, encontrando patrones que permiten generar nuevas imágenes basadas en nuevos textos.

10. Virus factor clave de la esclerosis múltiple. En el 2022 se demostró que el virus del herpes común, el de Epstein-Barr, es un factor esencial en la esclerosis múltiple

(EM), que es una enfermedad en la que el sistema inmunitario ataca a las neuronas. Este descubrimiento ([BiotecnoLógica Magazine](#)) puede llevarnos a nuevas formas de tratar o prevenir esta enfermedad, que en los enfermos provoca desde síntomas leves hasta la incapacidad progresiva e irreversible para hablar o caminar. Las investigaciones continúan con el objetivo de desarrollar nuevos fármacos para su tratamiento.

Así, en este recorrido meteórico, observando desde los inventos o descubrimientos más antiguos a los más recientes, y de lo general hasta lo más específico y particular, es obvio que la ciencia, desde sus aspectos más básicos como el descubrimiento de evidencias de vida en marte, el uso del CRISPR-Cas9 como herramienta de edición (modificación específica y dirigida) del genoma humano, el uso de la bioinformática en la arqueología paleontológica y reconstrucción de ecosistemas extintos, el cultivo de células madre y sus usos para diversos tratamientos, hasta el descubrimiento de nuevos microorganismos en hábitats convencionales (las bacterias gigantes), tarde o temprano será la base para un desarrollo satisfactorio (plan de manejo) en provecho de la humanidad y/o conservación del ambiente, eso es biotecnología.

Finalmente, quisiera dejarlos con la idea de que la ciencia y la generación de conocimiento nuevo, es una inversión recuperable a corto o mediano plazo, que tendrá impactos desde locales hasta

mundiales, y que por la naturaleza del hombre (observador, curioso, inventivo) nunca será a fondo perdido, vale la pena apostar por el desarrollo de la ciencia y fomentar su socialización, que esto último es el objetivo central de esta publicación.

Referencias

20 minutos. 2020. Los descubrimientos científicos más importantes de la historia. <https://www.20minutos.es/noticia/4327163/0/lista-desucbrimientos-cientifico-importantes-historia/>.

Fundación Aquae. 2022. Los 15 inventos más importantes de la historia. Actualizado el 22/09/2021. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/15-inventos-que-cambiaron-la-historia/>.

Hernández Saavedra, N.Y. 2023. *Thiomargarita magnifica*: una bacteria gigantesca. *BiotecnoLógica Magazine*, 1(1): 54-58.

Ogórek R., Kurczaba K., Cal M., Apoznański G., Kokurewicz T. A. 2020. Culture-Based ID of Micromycetes on the Wing Membranes of Greater Mouse-Eared Bats (*Myotis myotis*) from the "Nietoperek" Site (Poland). *Animals*, 10(8):1337. <https://doi.org/10.3390/ani10081337>.

Olivares, E. 2019. Los 10 descubrimientos científicos que marcaron la década. <https://codigoespaguetti.com/noticias/ciencia/10-descubrimientos-cientificos-decada-2000-2010/>.

Sacristan, E. 2022. Estos son los diez avances científicos de 2022 según 'Science', y el Webb está el primero. Sinc, <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Estos-son-los-diez-avances-cientificos-de-2022-segun-Science-y-el-Webb-esta-el-primero>.

Solís Lucero, M.G. 2023. Una vacuna anhelada con un impulso inesperado. BiotecnoLógica Magazine, 1(1): 6-11.

Sobre la autora:



Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra.
Investigador Titular C y profesor en el CIBNOR,
SNI II. Responsable del Laboratorio de
Genética Molecular, adscrita a la
Coordinación de Ecología Pesquera, Línea
estratégica Variabilidad y Vulnerabilidad de
Ecosistemas Marinos. [CIB](#), [Rg](#), [SC](#), [GSch](#), [Fb](#), [ID](#)

Cita:

Hernández Saavedra, Norma Yolanda. (2023). Descubrimientos e inventos que cambiaron el curso del desarrollo de la humanidad. Biotecnológica magazine, 1(3), 1-7. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8311302>

Metabolitos secundarios: La táctica anti-estrés de las plantas y su uso potencial en agricultura sustentable

Angélica Herrera-Sepúlveda*, Leandris Argente-Martínez

Tecnológico Nacional de México, Campus Valle del Yaqui. Avenida Tecnológico S/N, Bácum, Sonora. CP 85276, México

Tema y enfoque: Se aborda cómo las plantas enfrentan el estrés a través de la síntesis de metabolitos secundarios y explora su aplicación en la agricultura como plaguicidas botánicos y bioestimulantes, resaltando la importancia de la investigación y la explotación de estos compuestos en diversas áreas.

Introducción

En nuestra vida cotidiana, es común escuchar o incluso decir que estamos o nos sentimos estresados, ya sea por cuestiones laborales, académicas, familiares, de salud, entre otros. Pero ¿sabías qué las plantas también se estresan?

Las plantas son en su gran mayoría organismos sésiles, lo que significa que no tienen la capacidad de moverse de sitio. Debido a esta característica, a lo largo de su desarrollo, se ven constantemente expuestas a condiciones estresantes, ya sean de origen bióticas (herbívoros y/o enfermedades) o abióticas (heladas, inundaciones, sequías, calor, suelos salinos, baja disponibilidad de nutrientes). Estas condiciones estresantes, pueden limitar su productividad, el éxito reproductivo y su desarrollo en los ecosistemas. Entonces, ¿cómo logran las plantas enfrentar y superar el estrés?

Las plantas han desarrollado diversos mecanismos que les permiten hacer frente, adaptarse y sobrevivir a las condiciones de estrés; una de estas estrategias es la síntesis de metabolitos secundarios (MS) (Divekar et al.,

2022). Los MS son compuestos químicos de bajo peso molecular (Figura 1) como terpenos, alcaloides, aminoácidos no proteicos, aminos, compuestos fenólicos, glucósidos, terpenoides, poliacetilenos, policétidos y fenilpropanoides (Sepúlveda-Jiménez et al., 2003) que tienen funciones no esenciales en las plantas.

En condiciones óptimas para su desarrollo, los MS generalmente no interfieren con las reacciones del metabolismo primario, que se centra en el crecimiento, desarrollo y reproducción de plantas, incluyendo la síntesis de carbohidratos, lípidos y proteínas (Castellanos y Espinosa-García, 1997). Adicionalmente, la acumulación y distribución de los MS se presenta a diferentes niveles, abarcando diferentes órganos de las plantas como tallos, raíces, hojas, flores, frutos y semillas, y en distintas especies de plantas, incluso existe variabilidad en una misma especie, pero bajo diferentes condiciones estresantes.

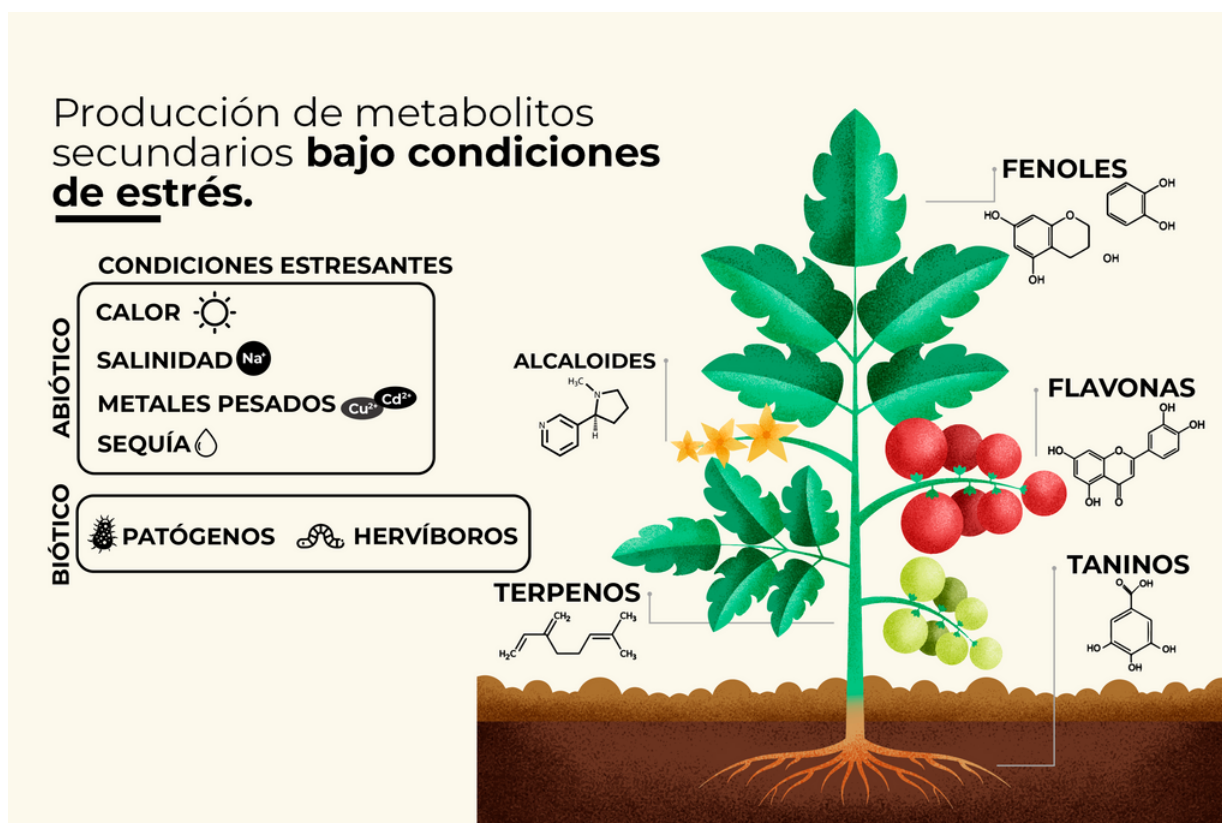


Figura 1. Principales metabolitos secundarios producidos por las plantas bajo condiciones de estrés.

Desde el punto de vista biotecnológico, la complejidad del proceso de ajuste fisiológico que presentan las plantas frente al estrés representa una oportunidad valiosa. Esta ha sido aprovechada como una fuente significativa para la obtención de compuestos bioactivos útiles en diferentes industrias, tales como la medicina y farmacéutica, cosmética y de cuidado personal, alimentos y suplementos dietéticos, agricultura, industria química y de materiales.

El rol de los metabolitos secundarios en la agricultura.

En la actualidad, el sector agrícola se enfrenta a varios retos (Figura 2). Se calcula que la población humana aumentará a los 9,500 millones de habitantes para el año 2050, lo que implica que la producción agrícola deberá incrementarse en un 70%.

Sin embargo, se estima que la producción mundial de alimentos decrecerá en un 12% los próximos 25 años, esto debido principalmente a la limitación de recursos, la degradación de los suelos agrícolas y el cambio climático (ELD Initiative, 2015). Las prácticas agrícolas actuales se basan en el uso de fertilizantes químicos y pesticidas (agroquímicos) con el objetivo de incrementar el rendimiento de los cultivos. No obstante, su uso ha ocasionado el deterioro de la calidad del suelo y agua, debido a que únicamente entre el 20-40% de los agroquímicos empleados son aprovechados por los cultivos (Kumar et al., 2022).

Una posible solución para mitigar algunos de estos problemas es el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles, que aprovechen los MS

sintetizados por las plantas. Estos compuestos podrían ser utilizados para aumentar o sostener mayores rendimientos, manteniendo al mismo tiempo la salud y la fertilidad general del suelo. Dentro de las principales aplicaciones de los MS en el sector agrícola destaca su uso como bioplaguicida y como agentes promotores del crecimiento vegetal (Banchio y Correa, 2023).

Plaguicidas botánicos/Bioplaguicidas

La producción de los agroecosistemas se ve fuertemente afectada por las plagas. La estrategia mayormente empleada para el control de las plagas es, la aplicación de pesticidas sintéticos; sin embargo, se estima

que cada año se pierde hasta el 50% del rendimiento de la producción mundial de cultivos, debido a la resistencia a los pesticidas, aunado a los efectos adversos en el medio ambiente y la salud (Gould et al., 2018). Esta situación, ha generado una continua demanda por descubrir nuevos plaguicidas con modos de acción novedosos, bajo un enfoque sustentable, acompañada de esfuerzos para disminuir su coste de producción. Es aquí donde los MS obtenidos de extractos de plantas entran en acción; ya que algunos MS como esteroides, alcaloides, taninos, terpenos, fenoles, flavonoides y resinas, habitualmente forman parte de los plaguicidas botánicos, los cuales actúan de



Figura 2. Retos actuales a los que se enfrenta la agricultura.



El mercado de los bioestimulantes.

Para el 2027 se estima que el mercado de los **bioestimulantes** alcance un valor aproximado de **6.2 billones de USD**.

Figura 3. Estimación del crecimiento del mercado de los bioestimulantes.

diversas formas contra las plagas, como insectos, hongos, bacterias, nematodos y células hospedadoras de plantas infectadas con patógenos víricos.

Dependiendo del MS y de la plaga, los modos de acción pueden incluir repelencia, inhibición, desnaturalización de proteínas y otros efectos. Algunos ejemplos son: la **piretrina**, derivados de la flor de crisantemo, ataca las células nerviosas de los insectos, causándoles parálisis y la muerte; la **azadiractina** obtenida del árbol de Neem, inhiben el apetito de los insectos, actúa como repelentes, inducen anomalías en la muda, dificultan la oviposición y reproducción; la **alicina** obtenida del ajo inhibe la formación de esporas, síntesis de micotoxinas y proteínas de hongos patógenos, el **pirocatecol**, extraído de la sá-

bila tiene acción antibacteriana inhibiendo actividades celulares y desnaturalizando proteínas (Lengai et al., 2020), entre otros.

Promotores del crecimiento vegetal/Bioestimulantes

El estrés abiótico, inducido por el cambio climático global (por ejemplo, la sequía, la salinidad, las temperaturas extremas, los metales pesados y la radiación UV) ha desestabilizado los frágiles agroecosistemas, disminuyendo el rendimiento de las plantas, reduciendo así la productividad y la calidad de los cultivos (Hosseini et al., 2022). Últimamente, la aplicación de bioestimulantes se ha considerado como una alternativa para estimular el crecimiento de las plantas y la productividad de los cultivos, tanto en condiciones de estrés como de control.

Vol. 1, No. 3

Los bioestimulantes (BS) son compuestos orgánicos y/o inorgánicos que, aplicados a las plantas, estimulan diversos procesos, lo que mejora el crecimiento, la productividad y la tolerancia al estrés. Existen varios tipos de BS y se pueden clasificar en función de la fuente de materia prima en seis grandes grupos, como algas marinas, extractos de plantas, hidrolizados de proteínas, sustancias húmicas, compuestos orgánicos e inorgánicos y microorganismos (Franzoni et al., 2022). Los bioestimulantes derivados de plantas (BSDP), son extractos obtenidos a partir de diferentes órganos y/o tejidos de las plantas, ricos en compuestos bioactivos, como son los MS (Zulfiqar et al., 2020). Los BSDP tienen un gran potencial para provocar la tolerancia de las plantas a diversos estreses abióticos y, de este modo mejorar el crecimiento y rendimiento de las plantas.

Se ha demostrado que los **extractos de raíz de zanahoria** mejoran el crecimiento del chícharo, ejote, cultivo de peras y el hinojo. Asimismo, los **extractos de hojas de sábila**, ajo y **té verde** han mejoraron el crecimiento en diversos lechuga, tomate, berenjenas, olivo y plantas ornamentales; el **extracto de hoja de moringa** también se utiliza para aumentar el crecimiento de las plantas en varios cultivos, como la calabaza, los chicharos y el frijol. Esta acción beneficiosa de los BSDP está asociada a los altos niveles de minerales, carbohidratos, proteínas, aminoácidos, hormonas, enzimas antioxidantes y MS (Zulfiqar et al., 2020; Del Buono, 2021).

Los MS obtenidos producidos por las plantas así como los BSDP, tienen el potencial de apoyar a las prácticas agrícolas sustentables, ya que presentan las siguientes características: a) modos de acción específicos, por lo que no afectan a otros organismos, por ejemplo polinizadores o peces; b) no dejan residuos en los cultivos ni en el medio ambiente, contribuyendo así a la conservación del medio ambiente y garantizando la seguridad de los consumidores, c) bajo costo de producción, d) poca o nula toxicidad y e) poco desarrollo de resistencia. Aunado a esto, los cambios en las políticas agrícolas y ambientales, han generado una tendencia al incremento en el uso de bioestimulantes, como alternativa al uso de fertilizantes químicos, lo cual se vio reflejado en el mercado de los Bioestimulantes/Bioplaguicidas, valorado en 2.9 billones de dólares para el 2022 y se estima que, para el 2027 este alcance un valor aproximado d 6,200 billones de dólares (Gupta et al, 2023) (Figura 3).

En el Tecnológico Nacional de México, campus Valle del Yaqui, nos encontramos explorando el perfil fitoquímico de *Parkinsonia aculeata*, conocida como “palo verde”, una planta nativa del semidesierto Mexicano, que puedan mostrar actividad contra organismos fitopatógenos como gusano cogollero (*Helicoverpa armigera*) en cultivos de maíz, fusariosis ocasionada por el hongo *fusarium oxysporum* en cultivos de tomate y como promotor del crecimiento vegetal en maíz, obteniendo resultados prometedores.

Conclusión

El reino plantae, está constituido por aproximadamente 390,000 especies, las cuales son un repositorio de cientos o miles de metabolitos secundarios. Sin embargo, el 90% de estas especies aún no han sido investigadas. Aún queda mucho por explorar, ya que es necesario continuar con investigaciones referentes al aislamiento, identificación, elucidación de la estructura, función biológica, usos potenciales, a la aplicación y evaluación en el campo, comprendiendo su función e impacto ecológico; así como en la producción, comercialización y legislación de estas moléculas de alto valor biotecnológico.

Referencias

- Banchio, E., & Correa, A. L. R. (2023). ¿Cómo se protegen las plantas de los insectos? Un ejercicio práctico de laboratorio para ilustrar los mecanismos de defensa de la planta a través de metabolitos secundarios. *Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora*, 2(1), 409-424.
- Castellanos, I., & Espinosa-García, F. J. (1997). Plant secondary metabolite diversity as a resistance trait against insects: a test with *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and seed secondary metabolites. *Biochemical Systematics and Ecology*, 25(7), 591-602.
- Del Buono, D. (2021). Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. *Science of the Total Environment*, 751, 141763.
- Divekar, P. A., Narayana, S., Divekar, B. A., Kumar, R., Gadratagi, B. G., Ray, A., ... & Behera, T. K. (2022). Plant secondary metabolites as defense tools against herbivores for sustainable crop protection. *International journal of molecular sciences*, 23(5), 2690.
- ELD Initiative (2015). Report for Policy and Decision Makers: Reaping Economic and Environmental Benefits From Sustainable Land Management (Bonn, Germany: Initiative and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH).
- Franzoni, G., Cocetta, G., Prinsi, B., Ferrante, A., & Espen, L. (2022). Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions. *Horticulturae*, 8(3), 189.
- Gould, F., Brown, Z. S., & Kuzma, J. (2018). Wicked evolution: Can we address the sociobiological dilemma of pesticide resistance? *Science*, 360(6390), 728-732.
- Gupta, S., Bhattacharyya, P., Kulkarni, M. G., & Doležal, K. (2023). Growth regulators and biostimulants: upcoming opportunities. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1209499.
- Hosseini-fard, M., Stefaniak, S., Ghorbani Javid, M., Soltani, E., Wojtyła, Ł., & Garnaczarska, M. (2022). Contribution of exogenous proline to abiotic stresses tolerance in plants: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(9), 5186.

Kumar, M., Ahmad, S., & Singh, R. P. (2022). Plant growth promoting microbes: Diverse roles for sustainable and ecofriendly agriculture. *Energy Nexus*, 100133.

Lengai, G. M., Muthomi, J. W., & Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7, e00239.

Sepúlveda-Jiménez, G., Porta-Ducoing, H., & Rocha-Sosa, M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista mexicana de fitopatología*, 21(3), 355-363.

Zulfiqar, F., Casadesús, A., Brockman, H., and Munné-Bosch, S. (2020). An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. *Plant Sci.* 295, 110194. doi: 10.1016/j.plantsci.2019.110194

Cita

Herrera Sepúlveda, Angélica, & Argente-Martínez, Leandris. (2023). Metabolitos secundarios: La táctica anti-estrés de las plantas y su uso potencial en agricultura sust. *Biotechnológica magazine*, 1(3), 8-14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8311328>

Sobre los autores:

Dra. Angélica Herrera egresada de doctorado de CIBNOR. Actualmente se encuentra realizando una estancia posdoctoral en el Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui sobre el microbioma y metaboloma de *P. aculeta*, y sus potenciales usos para mitigar el estrés biótico y abiótico en cultivos de interés agrícola.

Dr. Leandris Argente M., es Profesor titular C en el Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Es líder del Cuerpo Académico "Agricultura Sostenible y Ecosistemas Frágiles y Degradados". Su investigación se ha enfocado principalmente en el área de respuesta y tolerancia de las plantas al estrés abiótico en el noroeste mexicano. Es miembro activo del SNI-1 Área de Biología y Química.

¿No podemos comer mariscos durante marea roja? ¿por qué? y ¿qué se puede hacer?

Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra

nhernan04@cibnor.mx

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Sta. Rita Sur, La Paz,
23090, B.C.S., México.

Introducción

Hace unas semanas, ya con la entrada frontal del verano, me hice consiente de la primera veda sanitaria para el consumo de mariscos del 2023. En B.C.S., así como en otros estados del país que poseen costa en su geografía, es típico el incremento en el consumo de pescados y mariscos como un alimento fundamental en la dieta de verano, ya que aportan nutrientes, sabor, ligereza y frescura. La noticia decía: ¡No te los comas! Hay una alerta sanitaria en Mulegé, B.C.S., debido a toxinas en mariscos con concha (Sandoval, 2023). La noticia advertía que la COFEPRIS había establecido una veda sanitaria para la extracción y el consumo de moluscos con concha en Estero el Coyote y Estero La Bocana, debido a la presencia de marea roja (Fig. 1) productora de toxinas amnésicas (AGEPSA, 2023; Sandoval, 2023).



Figura 1. Vista panorámica de una marea roja (Tomado de Guzman, 2019).



Figura 2. Página de entrada del sitio web de la COEPRIS (2023).

Investigando a fondo, resulta que este no fue el primer evento de marea roja en el año, ya que la misma COFEPRIS (2023), con fecha 9 de junio de 2023, estableció la primera veda sanitaria en Bahía Altata Norte, Navolato (Sonora) para la cosecha, comercialización y consumo de moluscos bivalvos debido a la presencia de marea roja productora de toxinas diarreicas (Fig. 2). Pero entonces, ¿qué son las mareas rojas?, ¿Qué tipos diferentes de toxinas producen?, ¿Por qué podemos intoxicarnos y cuáles son las consecuencias de estas intoxicaciones?, ¿Son las intoxicaciones los únicos efectos de las mareas rojas? ¿Qué se hace para mitigar sus efectos? ¿Cómo la biotecnología puede ser una herramienta para su detección?

¿Qué son las mareas rojas?

La marea roja es un fenómeno que se presenta de manera espontánea e impredecible, y su duración es variable. Consiste en un aumento exagerado de organismos fitoplanctónicos, especialmente dinoflagelados, debido a su reproducción acelerada y acumulación de microalgas en tal cantidad que pueden provocar daños tanto en el ecosistema como en la salud humana. Este fenómeno ocurre cuando se presentan condiciones ambientales y nutricionales específicas como la luz, temperatura, salinidad, los macro y micronutrientes, que son propicias para el desarrollo y la multiplicación de estos microorganismos. Las especies de microalgas involucradas en estos fenómenos contienen pigmentos que le confieren diferentes tonalidades al mar, como rojizo, amarillo, naranja, pardo o bioluminiscente (Fig. 3), dependiendo del pigmento presente en las células y las condiciones atmosféricas locales. Por lo tanto, el término “Marea Roja” resulta ambiguo, ya que pueden presentarse varias circunstancias:

- Este fenómeno puede ser provocado por especies de algas que contienen pigmentos rojos, pero que no producen toxinas.
- Algunos eventos tóxicos o nocivos pueden no manifestar una coloración atípica en el agua.

Por lo tanto, un término más apropiado para las mareas rojas es Florecimientos Algales Nocivos (o FAN o HAB en inglés – Harmful

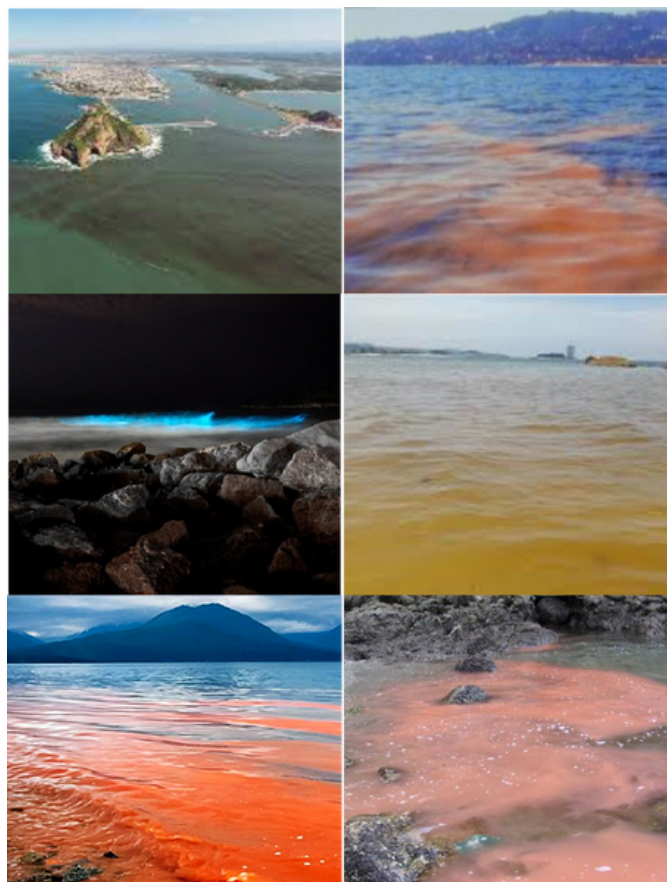


Figura 3. Vistas varias de eventos FAN en los que se ejemplifican los diferentes colores que pueden presentar las diferentes especies de microalgas que las conforman.

Algal Blooms-), cuando se refiere al evento de proliferación de microalgas que causan impactos negativos en los ecosistemas marinos y que contienen toxinas (Hallegraeff, 2021).

¿Cuáles son y qué diferentes tipos de toxinas se presentan?

Las mareas rojas o FAN tienen importantes consecuencias en los ambientes marinos debido a las toxinas que contienen. Los principales grupos de toxinas encontrados en estos microorganismos son: las toxinas amnésicas, las toxinas paralizantes y las to-

xinas diarreicas (Ansdell, 2023; Hallegraeff, 2021; NOHAB, 20235; UNESCO, 2023).

Intoxicación paralizante por moluscos (PSP o Paralytic Shellfish Poisoning)

El consumo de toxinas paralizantes provoca un síndrome característico, principalmente neurológico, que comienza de 5 a 30 minutos después de ingerir el alimento contaminado (moluscos bivalvos), provocando síntomas como hormigueo y/o adormecimiento agudo en la boca y las extremidades, acompañadas de dolor de cabeza, mareos, vómitos y diarrea. En los casos graves, provoca descoordinación del movimiento (dedos, manos, brazos, piernas, cuerpo) y del habla, movimientos oculares y deficiencias en el mecanismo de deglución. También provoca alteraciones en la voz, parálisis muscular y dificultad respiratoria, con posibilidad de muerte (por parálisis respiratoria) entre las 2 y 24 horas posteriores a la ingestión.

La **saxitoxina** es la toxina responsable del síndrome PSP, es una neurotoxina estable al calor, de naturaleza proteica, que es producida por algunas especies de *Alexandrium*, *Gymnodinium* (Fig. 4), *Gonyaulax* y *Pyrodinium* (Dinoflagelados) que son filtradas y retenidas en sus tejidos por los mejillones y ostras, particularmente en el aparato digestivo y tejidos blandos. Casi todos los síntomas provocados por la saxitoxina se deben a la inhibición del impulso nervioso en los nervios periféricos y en el músculo esquelético.

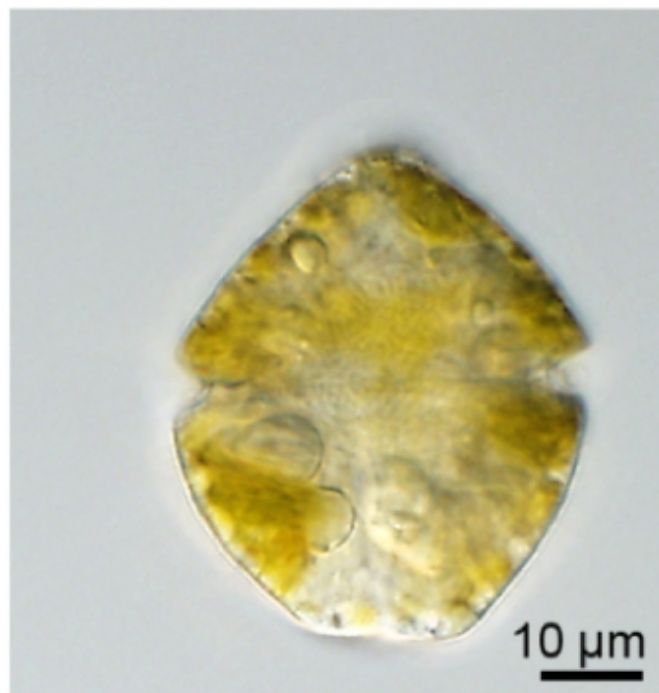


Figura 4. *Gymnodinium catenatum*, causante de intoxicación paralizante por moluscos (PSP), productor de saxitoxina (Tomado de Hansen, 2010).

Intoxicación diarreica por moluscos (DSP o Diarrhetic Shellfish Poisoning)

El consumo de toxinas diarreicas también provoca la manifestación de un síndrome característico. Los síntomas típicos incluyen náuseas, vómitos, diarrea y dolor abdominal, los cuales pueden llegar a ser tan intensos que incapacitan al paciente. La aparición de estos síntomas varía entre 30 minutos y 2 a 3 horas después del consumo de los alimentos contaminados, y su duración se mantiene por un periodo de 2 o 3 días. En este caso, la recuperación del paciente es completa, sin alteraciones posteriores. Aunque este tipo de intoxicación no pone en peligro la vida, se ha visto que el consumo crónico de alimentos contaminados puede promover el desarrollo de algún tipo de cáncer en el tubo digestivo.

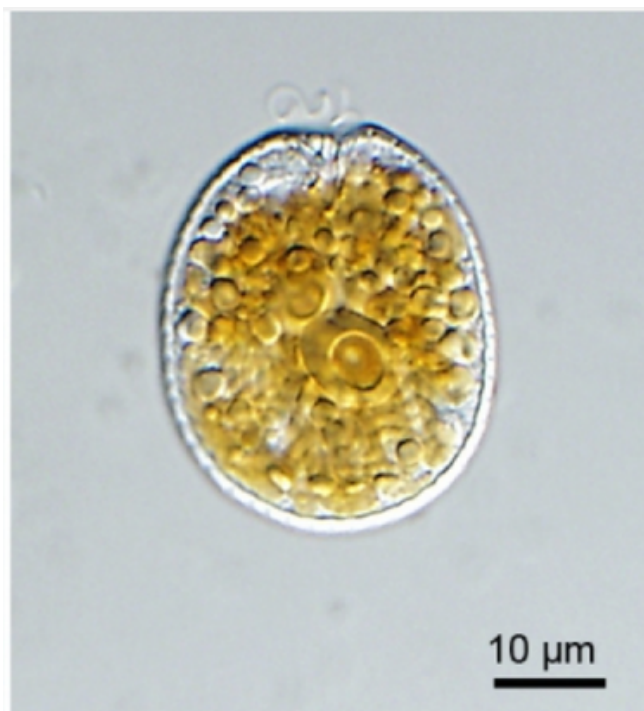


Figura 5. *Prorocentrum lima*, causante de intoxicación diarreica por moluscos (DSP), productor de ácido okadaico (Tomado de Hansen, 20102).

El **ácido okadaico**, que es la molécula responsable del síndrome DSP, es una molécula soluble en grasas e inhibe la función de enzimas vitales para el metabolismo normal en humanos (fosfatasa 1 y 2 A). Los organismos que lo producen son: *Prorocentrum lima* (Fig. 5), *P. elegans*, *P. hoffmannianum* y *P. concavum*, *Dinophysis acuminata*, *D. fortii*, *D. hastata*, *D. mitra*, *D. rotundata* y *D. tripos* (dinoflagelados).

Intoxicación neurotóxica por moluscos (NSP o Neurotoxic Shellfish Poisoning).

La intoxicación neurotóxica (NSP) ocasiona síntomas gastrointestinales y neurológicos. Estos incluyen náuseas y vómitos, así como una sensación de hormigueo o entumecimiento en la boca, los labios, la len-

gua y extremidades. Además, se presentan alteraciones en la voz, parálisis muscular y dificultad respiratoria. Existe la posibilidad de que se produzca la muerte debido a la parálisis respiratoria, generalmente entre las 2 y 24 horas posteriores a la ingestión. El tiempo varía en función de la intensidad de la intoxicación y la susceptibilidad de la persona. Sin embargo, es importante mencionar que a pesar de que la dificultad respiratoria debido al debilitamiento de los músculos respiratorios es una constante, la intoxicación no es mortal. Las **brevitoxinas** (responsables del síndrome NSP) son neurotoxinas que activan los canales de sodio y afectan la función eléctrica de la membrana de nuestras células. Las fuentes más comunes de exposición son el consumo de almejas, ostras y mejillones contaminados, así como peces que se alimentan de plancton. Estos últimos retienen las toxinas en el músculo, hígado y el intestino, aunque en concentraciones mucho más bajas que las encontradas en moluscos. En peces, los niveles más altos de brevitoxinas, producidas por *Karenia brevis* (Fig. 6), pueden permanecer por más de un año después de finalizado el FAN, mientras que, en los moluscos, el tiempo de depuración varía entre 2 a 8 semanas. Además de la transmisión de la toxina a través del consumo de peces y mariscos contaminados, también puede ingresar al cuerpo humano mediante la inhalación de aerosoles que se forman durante el rompimiento de las olas. Esto puede causar problemas respiratorios y síntomas parecidos a los del asma. Las personas intoxicadas con brevitoxinas experimentan náuseas, vómitos, diarrea y disminución de la presión sanguínea.

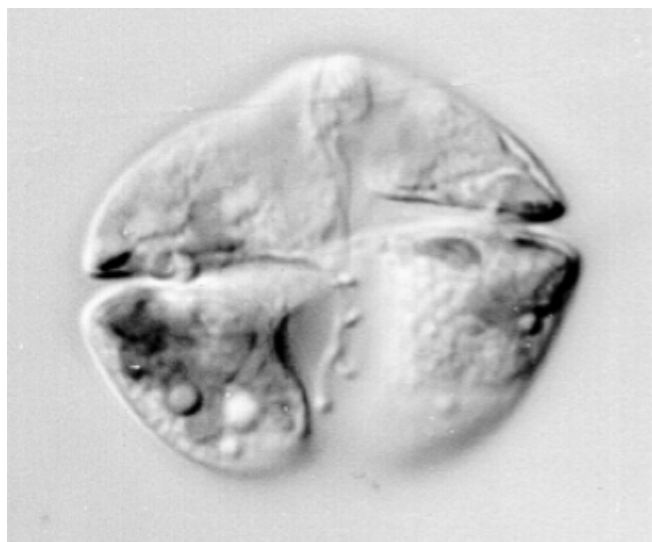


Figura 6. *Karenia brevis*, causante de intoxicación neurotóxica por moluscos NSP), productor de brevetoxinas (Tomado de Hansen, 2009).

Ciguatera (CFP o Ciguatera Fish Poisoning)

La ciguatera, una afección producida por el consumo de peces intoxicados, provoca en los humanos una serie de síntomas que incluyen dolores musculares, fatiga, trastornos del equilibrio, sensación de sabor metálico, diarrea, vómito, sudor frío, ansiedad e inversión de la sensación térmica. Estas manifestaciones neurológicas pueden prolongarse semanas o meses. En los humanos, la enfermedad es causada por toxinas producidas por *Gambierdiscus toxicus* (Fig. 7) (**ciguatoxina-1, maitotoxina, escaritoxina, palitoxina, el ácido okadaico**) que se encuentran en el detritus marino y en macroalgas asociadas a sistemas arrecifales. Después su consumo y hasta las 12 a 24 horas, aparecen los signos y síntomas de la intoxicación, generalmente siguiendo esta secuencia:

- Gastrointestinales: dolor abdominal, diarrea, náusea y/o vómitos.
- Neurológicos: calambres, hormigueo, dolores musculares, fatiga intensa, trastornos del equilibrio, sensación de sabor metálico.
- Cardiovasculares: bradi- o taqui- cardia e hipotensión arterial.

Estos síntomas son comunes a muchos trastornos, sin embargo, hay dos síntomas distintivos de este tipo de intoxicación: 1) la inversión de la sensación térmica, que implica una sensación de calor o quemadura al tocar objetos fríos y una sensación de frío al tocar objetos calientes; y 2) el hormigueo peribucal, que afecta los labios y lengua. Este tipo de intoxicación afecta generalmente a franjas de la población de mucha pobreza, ya que se alimentan de lo que obtienen de la pesca ribereña en las zonas tropicales.

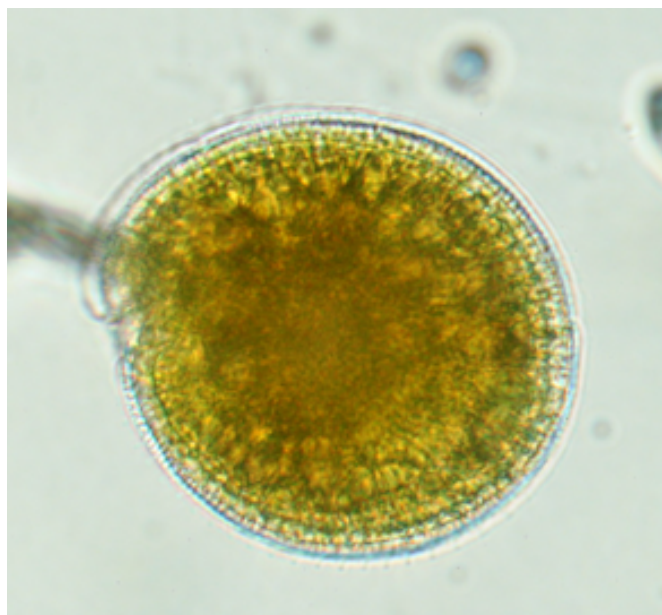


Figura 7. *Gambierdiscus toxicus*, causante de ciguatera (CFP), productor de ciguatoxinas (Tomado de Rodríguez, 2017).

Intoxicación amnésica por moluscos (ASP o Amnesic Shellfish Poisoning)

La intoxicación por toxinas amnésicas (ASP) se produce por el consumo de mariscos contaminados, en los cuales la toxina se acumula, como almejas, mejillones, cangrejos, anchoas y sardinas. Esta intoxicación puede resultar letal para aves y mamíferos marinos, y en el humano se manifiesta a través de los síntomas como náuseas, vómitos y dolor estomacal. También se presentan síntomas neurológicos, entre los más serios pueden incluir: mareos, dolor de cabeza, convulsiones, desorientación, pérdida de memoria a corto plazo, dificultad o insuficiencia respiratoria, y en casos extremos coma. El envenenamiento con toxinas amnésicas puede causar la muerte en menos de 24 horas. Si bien en la mayor parte de las ocasiones los pacientes se recuperan, pueden quedar secuelas neurológicas. Este tipo de intoxicación es producida por mariscos contaminados con **ácido domoico**, que es una neurotoxina y análogo estructural del ácido kaínico. Esta neurotoxina es producida por algunas especies diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* (Fig. 8).

Efectos de los FAN

Las algas planctónicas (microscópicas) de los océanos del mundo son un alimento crítico para ostiones, mejillones, vieiras y almejas, que se alimentan por filtración. Asimismo, son esenciales para el desarrollo de larvas de crustáceos y peces de importancia comercial.

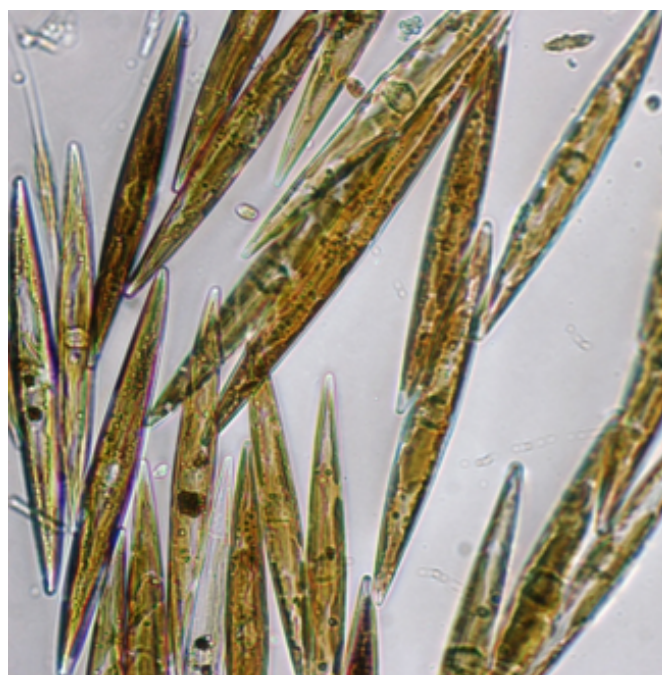


Figura 8. *Pseudo-nitzschia*, causante de intoxicación amnésica por moluscos ASP), productor de ácido domoico (Tomado de Gouda, 2011).

En la mayoría de los casos, la proliferación de algas planctónicas es beneficiosa para la acuicultura y las operaciones de pesca silvestre. Sin embargo, en algunas situaciones, las floraciones de algas pueden tener un efecto negativo, causando graves pérdidas económicas a las operaciones acuícolas, pesqueras y turísticas, al mismo tiempo que generan impactos ambientales significativos y de salud humana.

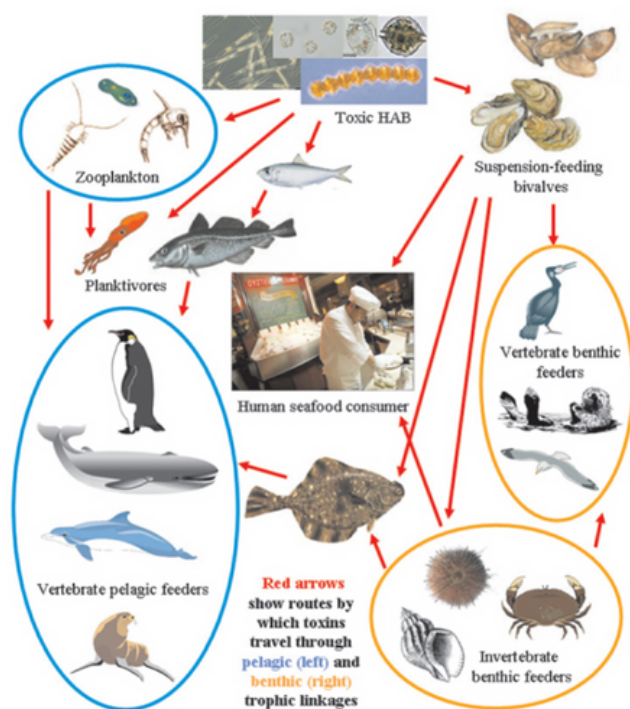
Además de los efectos y/o síndromes que provocan en el humano, los eventos FAN provocan otras afectaciones entre los que se pueden mencionar: impactos en la vida silvestre e impactos económicos, entre otros (Tabla I) (Hallegraeff, 2021; NOHAB, 2023 2,3,4).

Tabla 1. Efectos de los Florecimientos Algales Nocivos (FAN o mareas rojas, HAB pos su acrónimo en inglés) (Modificado de NOHAB, 2023).

			Impactos		
Síndrome	Toxina	Género	En la salud humana	En la economía	En la vida silvestre (ecosistemas)
PSP	Saxitoxinas	<i>Alexandrium*</i> ; <i>Gymnodinium*</i> ; <i>Pyrodinium bahamense</i>	Parálisis respiratoria, muerte	Pérdida de ingresos derivados de la cosecha de mariscos; cierre de playas para la realización de actividades recreativas.	Muerte de mamíferos marinos
DSP	Ácido okadaico; dinofisitoxinas	<i>Dinophysis</i> ; <i>Prorocentrum*</i>	Malestar gastrointestinal	Cierre de pesquerías de moluscos	
CFP	Ciguatoxinas	<i>Gambierdiscus*</i>	Disfunción sensorial y gastrointestinal	Desconocido; Posibles impactos en las focas y/o lobos	
NSP	Brevetoxinas	<i>Karenia</i>	Neurotoxicidad; Efectos gastrointestinales y sensoriales; Efectos respiratorios	Pérdida de ingresos por turismo; costo por eliminación de peces muertos de las playas; cierre de pesquerías de mariscos; aumento emergencias debido a enfermedades respiratorias y gastrointestinales; costos por rehabilitación de la vida silvestre en las áreas afectadas.	Muertes de delfines, tortugas marinas y aves
ASP	Ácido domoico	<i>Pseudo-nitzschia</i>	Efectos gastrointestinales y del sistema nervioso central	Cierre de la recolección de mariscos, pérdida de ingresos turísticos, rehabilitación de la vida silvestre	Mortandad masiva de peces, mariscos, aves y mamíferos marinos

Impactos en la vida silvestre

Además de los síndromes de envenenamiento en humanos, los FAN pueden tener impactos devastadores para los animales, ya que estos eventos se han podido asociar a mortalidades masivas de organismos de vida silvestre. Los eventos de mortalidad que afectan a la acuicultura, como ostras, camarón y peces, también tienen impactos económicos significativos. En cuestión de pocas horas, un gran número de los animales cultivados pueden morir debido al efecto de las toxinas y/o al impacto de la alta cantidad de algas. Por ejemplo, obstruyendo mecánicamente las branquias de los organismos produciendo muerte por asfixia. Las toxinas producidas por las algas, que se acumulan en la red alimenticia, pueden dañar a las especies en múltiples niveles tróficos, incluidas tortugas, delfines, manatíes y otros mamíferos marinos, incluidas las especies en peligro de extinción (Fig. 9).



A medida que las técnicas de detección de estas toxinas en tejidos animales han evolucionado, también nuestra apreciación del número de muertes de mamíferos marinos relacionadas con las FAN. Más del 50% de los eventos inusuales de mortalidad marina (conocidos como UME, por sus siglas en inglés, Unusual Mortality Events) ahora pueden asociarse a los efectos de eventos FAN (NOHAB, 20234).

Impacto en los ecosistemas

En los ecosistemas, diversos tipos de impactos pueden vincularse a FAN tóxicas y no tóxicas. En los párrafos anteriores se comentaron los efectos de los FAN tóxicos en el humano y en la vida silvestre. Sin embargo, las especies de fitoplancton no tóxicas pueden causar impactos que incluyen la pérdida de organismos filtradores y hábitats, muerte de pastos marinos, zonas de hipoxia y la alteración de interacciones en las redes alimentarias, lo que conlleva una disminución de las especies preferidas de los niveles tróficos superiores. Las toxinas de las algas pueden influir en los ecosistemas al afectar a los depredadores, e influyendo en el pastoreo afectando al plancton y a las comunidades de fondo (Fig. 9).

Figura 9. Las biotoxinas de las FAN se transfieren a través de la red alimentaria cuando las células de algas tóxicas son consumidas por el zooplancton, los peces y los mariscos que, a su vez, son comidos por otros animales y el humano (Tomado de NOHAB, 20232).



Figura 10. Mapa de la República Mexicana en la que se indican las localidades y tipos de toxinas en las que se han reportado eventos FAN productoras de toxinas marinas (Tomado de Salcedo-Garduño et al., 2018).

La exposición aguda (breve) o crónica (a largo plazo) a las FAN y a sus toxinas, ya sea directamente o a través de la red alimentaria, pone a ciertas poblaciones en mayor riesgo. En la salud de los animales acuáticos, sus efectos a largo plazo incluyen una mayor susceptibilidad a las enfermedades, inmunosupresión, desarrollo anormal y la inducción de tumores. A largo plazo, los animales expuestos a las biotoxinas a través de su dieta pueden morir o mostrar problemas de alimentación y función inmune, comportamiento de evitación, disfunción fisiológica, reducción del crecimiento y la reproducción, y/o algunos efectos patológicos (NOHAB, 20232).

4.3 Impactos socioeconómicos

Los impactos económicos y de salud pública de las FAN pueden ser profundos. La demanda de productos del mar como parte

de una dieta saludable, junto con la globalización del comercio y el turismo, amplía los límites geográficos para la exposición humana y las enfermedades posteriores, así como las de las pérdidas económicas más allá de las comunidades costeras históricamente afectadas.

Anualmente, se gastan millones de dólares para abordar los impactos relacionados con la FAN en la salud pública, la pesca comercial, la recreación, el turismo, el monitoreo ambiental y la gestión de los eventos FAN. Los impactos en la salud pública representan los mayores impactos económicos, seguidos por la pesca comercial y el turismo. Incluso una FAN puede ser extremadamente costosa. Los costos ocultos para las industrias secundarias (por ejemplo, proveedores de procesamiento de alimentos o acuicultura), enfermedades humanas (por ejemplo, atención médica para enfermedades crónicas o no diagnosticadas) y disminución de la confianza del consumidor

(por ejemplo, falta de compra de mariscos en restaurantes o viajes chárter de pesca de reserva) siguen siendo desconocidos.

Como ejemplo, se puede mencionar que en E.U. una estimación nacional preliminar y altamente conservadora de los costos anuales promedio de las FAN es de aproximadamente \$50 millones (aprox. mil millones de pesos a un tipo de cambio de 20 pesos/dólar). La salud pública representa casi \$20 millones de dólares anuales (42%), el efecto en la pesca comercial es de un promedio de 18 millones de dólares anuales, seguido de 7 millones de dólares en actividades de recreación y turismo, y 2 millones de dólares para la vigilancia y la gestión (NOHAB, 20233).

¿Cómo puede ayudar la biotecnología?

Todos los estudiosos de los FAN coinciden en que la prevención es la mejor estrategia de manejo para minimizar sus efectos. Estas estrategias de detección temprana involucran un monitoreo (toma y análisis de muestras de fitoplancton) continuo, que puede ser manual en países no desarrollados o automatizado a través de robots que toman y analizan las muestras de plancton en tiempo real en países desarrollados como Estados Unidos de Norteamérica, la Comunidad Económica Europea, y algunos países asiáticos y de Oceanía. En caso de la detección de alguna especie de riesgo, dan la alerta de forma inmediata (Herrera et al., 2008).

En el caso de la realidad de un país como el nuestro, la COFEPRIS es la entidad encargada de esta tarea, con monitoreos que se implementan e intensifican, principalmente en temporada de mareas rojas. Estos monitoreos implican viajes de campo, toma de muestras y análisis de éstas por personal especialmente entrenado (Fig. 10). Sin embargo, en el estado de B.C.S. ha habido esfuerzos por tratar de facilitar este monitoreo a través del uso de herramientas biotecnológicas (Herrera-Sepúlveda et al., 2013) o incluso utilizando la información de imágenes de satélite para dar seguimiento a los pigmentos algales (Matus-Hernández et al., 2018; 2019). Dadas las particularidades (genéticas) de los grupos de microalgas implicados en los eventos FAN, estas estrategias, aunque funcionales, no pueden ser aplicadas de forma general. Aparentemente, hay que caracterizar las comunidades fitoplanctónicas de cada sitio de interés, y calibrar los métodos desarrollados.

Finalmente, un campo de investigación creciente se centra en métodos y tecnologías para controlar o suprimir los florecimientos. Estos enfoques incluyen estrategias que matan organismos FAN, limitan su crecimiento, y / o eliminan físicamente las células y toxinas de la columna de agua. No obstante, las actividades de control o supresión de FAN son controvertidas debido a impactos (daños) potenciales no deseados en los ecosistemas. La mayoría de los estudios de mitigación se dividen en cuatro categorías principales, que dados sus mecanismos de acción merecen un documento aparte: 1) Control físico o mecánico, 2) Control biológico, 3) Control químico y 4) Control ambiental.

Referencias

1. AGEPSA. 2023. Veda en estero El Coyote y estero La Bocana, Mulegé, Baja California Sur. <https://agepsa.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/veda-en-estero-el-coyote-y-estero-la-bocana-mulege-baja-california-sur>.
2. Ansdell, V. 2023. Food Poisoning from Marine Toxins: Environmental Hazards & Risks. CDC Yellow Book 2024, <https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2024/environmental-hazards-risks/food-poisoning-from-marine-toxins>. Last reviewed may 01 2023. Consulted June 2023.
3. COEPRIS. 2023. Emergencias Sanitarias por presencia de Marea Roja (Florecimientos Algales Nocivos y Toxinas). Veda Sanitarias y Cierres Precautorios. <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/emergencias-sanitarias-estatales-por-marea-roja>.
4. Debate Digital. 2017. Mareas Rojas. Continua marea roja en la Paz: no se había visto en 7 años. <https://www.debate.com.mx/mexico/Continua-marea-roja-en-La-Paz-no-se-habia-visto-en-7-anos-20170628-0383.html>. Consultado julio 2023.
5. Gouda, R. 2011. Pseudo-nitzschia. WoRMS. <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=149151&pic=39697>. Consultado junio 2023.
6. Guzman, F. 2019. Cada vez son mas frecuentes los florecimientos algales nocivos. Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/cada-vez-son-mas-frecuentes-los-florecimientos-de-algas-nocivos/>
7. Hallegraeff, G.M. 2021. Global Harmful Algal Bloom: status report 2021. Hallegraeff G.M. Enevoldsen H., Zingone A. (Eds.). Comisión Oceanográfica Intergubernamental, IOC/INF-1399. UNESCO Publishing, 112 p. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378691>
8. Hansen, G. 2009. Karenia brevis. WoRMS. <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=233015&pic=21985>, Consultado junio 2023.
9. Hansen, G. 20101. Gymnodinium catenatum SCCAP K-0531. WoRMS. <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=109784&pic=33855>, Consultado junio 2023.
10. Hansen, G. 20102. Prorocentrum lima SCCAP K-0625. WoRMS. <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&pic=33853&tid=232490>, Consultado junio 2023.
11. Herrera Sepúlveda A., Sierra-Beltrán A.P., Hernández-Saavedra N.Y. 2008. Floraciones algales nocivas: perspectivas y estrategias biotecnológicas para su detección. Bio Tecnología, 12(1): 23-40. <https://docplayer.es/2618618-Articulos-floraciones-algales-nocivas-perspectivas-y-estrategias-biotecnologicas-para-su-deteccion.html>
12. Herrera-Sepúlveda A., Hernandez-Saavedra N.Y., Medlin L.K., West, N. 2013. Capillary electrophoresis fingerprint technique

(CE-SSCP): an alternative tool for the monitoring activities of HAB species in Baja California Sur Costal. Environmental Science and Pollution Research, 20:6863-6871. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1033-7>

13.Matus-Hernández, M.A.; Hernández-Saavedra, N.Y.; Martínez-Rincón, R.O. 2018. Predictive performance of regression models to estimate Chlorophyll-a concentration based on Landsat imagery. PLoS ONE 13(10): e0205682. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205682>

14.Matus-Hernández, M.A.; Martínez-Rincón, R.O.; Aviña Hernández, R.O.; Hernández Saavedra, N.Y. 2019. Using Landsat-derived environmental factors to describe habitat preferences and spatiotemporal distribution of phytoplankton. Ecological Modelling 408, 108759. (IF 2.63) (ISSN: 03043800). <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108759>

15.NOHAB. 20231. Global Distribution of HABs. U.S. National Office for Harmful Algal Blooms. <https://hab.who.edu/maps/regions-world-distribution/>, Consultado junio 2023.

16.NOHAB. 20232. Impacts of Harmful Algal Blooms: ecosystems. U.S. National Office for Harmful Algal Blooms. <https://hab.who.edu/impacts/impacts-ecosystems/>, Consultado junio 2023.

17.NOHAB. 20233. Impacts of Harmful Algal Blooms: socioeconomic. U.S. National Office for Harmful Algal Blooms <https://hab.who.edu/impacts/impacts-socioeconomic/>. Consultado junio 2023.

18.NOHAB. 20234. Impacts of Harmful Algal Blooms: wildlife. U.S. National Office for Harmful Algal Blooms. <https://hab.who.edu/impacts/impacts-wildlife/>. Consultado junio 2023.

19.NOHAB. 20235. Impacts of Harmful Algal Blooms: wildlife. U.S. National Office for Harmful Algal Blooms. <https://hab.who.edu/impacts/impacts-human-health/>. Consultado julio 2023.

20.Rodriguez Hernandez, F. 2017. De repente la ciguatera. Fitopasion: el mundo de los microorganismos. <https://fitopasion.com/2017/07/de-repente-la-ciguatera.html>. Consultado junio 2023.

21.Salcedo-Garduño, M.G.; Castañeda-Chávez, M.D.R.; Lango-Reynoso, F.; Galaviz-Villa, I. 2018. Harmful Algal Blooms (HABS) along Mexican Coasts. *Preprints.org*, 2018120352. <https://doi.org/10.20944/preprints201812.0352.v1>. Consultado julio 2023.

Sobre la autora:



Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra. Investigador Titular C y profesor en el CIBNOR, SNI II. Responsable del Laboratorio de Genética Molecular, adscrita a la Coordinación de Ecología Pesquera, Línea estratégica Variabilidad y Vulnerabilidad de Ecosistemas Marinos. [CIB](#), [Rg](#), [SC](#), [GSch](#), [Fb](#), [ID](#)

Cita

Hernández Saavedra, Norma Yolanda. (2023). ¿No podemos comer mariscos durante marea roja? ¿por qué? y ¿qué se puede hacer?. Biotecnológica magazine, 1(3), 15-26.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8317207>

Bajo la superficie: Explorando la diversidad de las orcas

Berenice Vidal García, Claudia Ivette Maytorena Verdugo*

Universidad Politécnica del Centro, Carretera Federal, Villahermosa-Teapa Km 22.5, Tumbulushal Centro, 86290 Villahermosa, Tabasco.

*Autor de correspondencia: clau.maytorena@gmail.com

El querer comprender el comportamiento y el porqué de la anatomía de una especie, puede parecer un gran desafío, sin embargo, en el caso particular de las orcas, el grado de dificultad aumenta ya que se trata de criaturas que pasan su vida entera bajo la superficie del mar. Gracias a los grandes esfuerzos realizados por la comunidad científica, a través de la realización de una gran cantidad de estudios, ahora está disponible una gran cantidad de información de diferentes poblaciones de orcas (*Orcinus orca*), que presentan diferencias en su forma (morfología), comportamiento, e incluso, en la preferencia por sus presas.

En el ecosistema marino, las orcas son consideradas como animales tope en la cadena alimenticia ya que su alimentación va desde peces hasta mamíferos marinos como focas y ballenas, son sumamente inteligentes, por ejemplo, son capaces aprender y usar técnicas de cacería, lo que las ha convertido en criaturas de gran interés para la realización de numerosos estudios genéticos cuyos resultados han generado información de gran calidad sobre su diversidad y evolución.

Al secuenciar, ensamblar y analizar los genomas mitocondriales de distintas familias de orcas que se encuentran en los océanos

Pacífico Norte, Atlántico Norte y Sur, se pudieron identificar especies distintas. Si bien *O. orca* no es una especie considerada como amenazada, el poder diferenciar especies fortalece los programas de conservación de algunas poblaciones que han sido afectadas al observarse su reducción a lo largo de los años. Por ejemplo, entre 1995 y 2001 hubo una disminución de casi el 20% de una familia de orcas residentes de Washington; este grupo se consideró como una población en peligro de acuerdo con las Leyes de Especies en Peligro de los Estados Unidos y la Ley de Especies en Riesgo de Canadá. En aquel momento, se pensaba que las orcas presentaban una gran variabilidad en su forma y patrones de color (fenotipo), además de sus hábitos ecológicos, por lo que surgió la hipótesis de que la especie puede estar constituida por diferentes tipos. Según Morin y colaboradores (2010), quienes iniciaron la investigación de la especie desde hace más de 13 años, es muy difícil detectar diferencias genéticas en los cetáceos, por lo que se complementó la investigación tomando como base la morfología, el comportamiento descrito de las orcas y muestras de ADN mitocondrial obtenidas entre 1970 y 1980 en la costa oeste de Canadá y Estados Unidos.

Posteriormente, el genoma de la orca fue secuenciado y publicado en 2016, encontrando alrededor de 20,000 a 25,000 genes codificantes de proteínas. Con la información disponible, en el hemisferio norte se distinguieron 3 ecotipos de orca considerando sus variaciones genéticas y la diversidad de comportamiento: 1) residentes, 2) transeúntes y 3) marítimas (Foote et al. 2016).

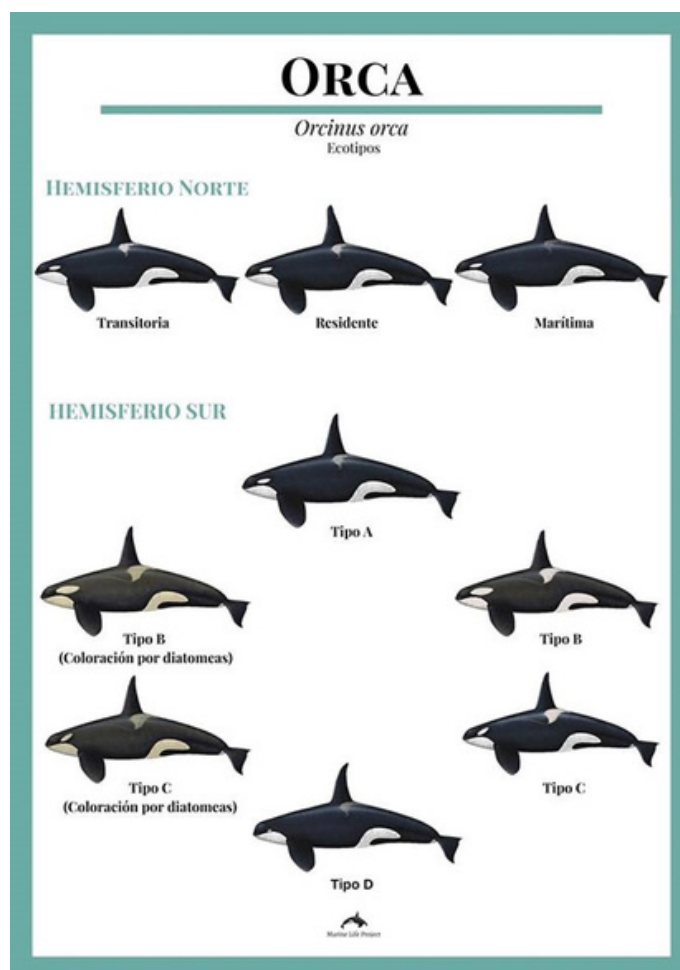
Las orcas residentes son las que habitan más cerca de las costas, no suelen recorrer grandes distancias y sus grupos se mantienen pequeños, aproximadamente 5 individuos. Un rasgo distintivo para reconocerlas es su aleta; basta con fijarse en la punta, que es redondeada, y su alimentación se basa en peces y calamares. Las orcas **transeúntes** no se mantienen en lugares fijos, sino que recorren grandes distancias. Pueden ser diferenciadas por sus aletas dorsales (punta triangular) y se mantienen en grupos pequeños de 3 orcas (es normal que se abandone el grupo familiar), de hecho, es común observar a machos en soledad. Estas orcas se alimentan principalmente de leones marinos, focas y tortugas. Las **orcas marítimas u oceánicas** habitan las zonas más alejadas de las costas. Con su gran tamaño, su alimentación incluso incluye algunas especies de ¡tiburones!, pero también se alimentan de focas o leones marinos. En contraste con su gran tamaño, sus aletas dorsales no destacan demasiado, se consideran pequeñas; este tipo de orcas forman grupos muy numerosos, desde 20 hasta 75 ejemplares en una sola manada.

Glosario

Especiación: Se refiere al proceso por el cual mediante a lo largo de la evolución, se forman nuevas especies a partir de una población con ancestros en común.

Ecotipo: Forma específica que adopta una especie en un hábitat determinado; una población que se diferencia genéticamente de otros grupos de la misma especie.

Diatomeas: Grupo de algas, de los tipos comunes de fitoplancton.



<https://twitter.com/MarineLifeProj/status/1228645970298200066/photo/1>

La clasificación Tipo A, B, C y D (ecotipos) se usa para diferenciar la morfología y comportamiento de las poblaciones. El tipo A se diferencia por su gran tamaño, llegan a medir hasta 9.5 metros, se ubican en el Océano Antártico y se alimentan de mamíferos marinos como la ballena minke y, en ocasiones, de elefantes marinos. El tipo B exhibe un tono grisáceo en prácticamente todo el cuerpo y las manchas blancas de los ojos son más grandes; tienen un tono de piel amarillento, y se cree que realizan migraciones esporádicas a aguas más cálidas. Su alimentación se basa en focas y, a veces, pingüinos. Las orcas del tipo C, son el ecotipo con menor tamaño. Presentan tonos grisáceos y ligeramente amarillentos (producido por diatomeas), manchas post-oculares finas y estrechas. Pueden ser vistas en aguas del este de Antártica, y se alimentan de peces. El tipo D se observó por primera vez en un varamiento en los 50's (Nueva Zelanda), y por sus características se pensó que era un grupo con alguna mutación genética. Hasta 2019, se tuvo el siguiente registro con el avistamiento de un grupo en Cabo de Hornos, Chile. Estas orcas tienen manchas post-oculares muy pequeñas, una cabeza más redondeada y una aleta dorsal larga y puntiaguda; no hay mucha información sobre su alimentación, pero se les ha visto cazando merluza negra.

La gran diversidad genética de las orcas es clave en su adaptación y supervivencia. Proteger la diversidad genética entre las diferentes poblaciones de orcas se está convirtiendo en prioridad para el bienestar y la supervivencia de esta especie clave en los

ecosistemas marinos, y es en donde herramientas de biología molecular como la extracción de ADN y la secuenciación, tienen una aplicación directa en la conservación de especies. Morin y colaboradores (2010) recomiendan que tres los ecotipos identificados se eleven a especies completas y que los tipos restantes se reconozcan como subespecies en espera de datos adicionales.

Las orcas son demasiado complejas para describirlas en unas pocas líneas de texto. Sin embargo, adentrarse en su naturaleza revela dialectos, diferentes poblaciones, culturas y su increíble inteligencia.

Referencias

1. Cómo fue el inédito encuentro científico con las misteriosas orcas tipo D. BBC News Mundo. (21 marzo, 2023). Obtenido de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-47640836>
2. Foote, A.D., Vijay, N., Ávila-Arcos, M.C., Baird, R.W., Durban, J.W., Fumagalli, M., Gibbs, R.A., Hanson, M.B., Korneliussen, T.S., Martin, M.D., Robertson, K.M., Sousa, V.C., Vieira, F.G., Vinar, T., Wade, P., Worley, K.C., Excoffier, L., Morin, P.A., Gilbert, M.T.P., y Wolf, J.B.W. (2016). Genome-culture coevolution promotes rapid divergence of killer whale ecotypes. *Nature Communications*. 7, 11693. <https://doi.org/10.1038/ncomms11693>
3. Hoelzel, A.R., Dahlheim, M., y Stern, S.J. (1998). Low genetic variation among

killer whales (*Orcinus orca*) in the eastern north Pacific and genetic differentiation between foraging specialists. *Journal of Hereditary*. 89(2), 121-8. DOI: [10.1093/jhered/89.2.121](https://doi.org/10.1093/jhered/89.2.121)

4. Hoelzel, A.R., Natoli, A., Dahlheim, M.E., Olavarria, C., Baird, R.W., y Black, N.A. (2002). Low worldwide genetic diversity in the killer whale (*Orcinus orca*): implications for demographic history. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269(1499), 1467-73. DOI: [10.1098/rspb.2002.2033](https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2033)

5. Morin, P. A., Archer, F. I., Foote, A. D., Vilstrup, J., Allen, E. E., Wade, P., Durban, J., Parsons, K., Pitman, R., Li, L., Bouffard, P., Neilsen, S. C. A., Rasmussen, M., Willerslev, E., Gilbert, M. T. P., y Harkins, T. (2010). Complete mitochondrial genome phylogeographic analysis of killer whales (*Orcinus orca*) indicates multiple species. *Genome Research*, 20, 908-916. DOI: [10.1101/gr.102954.109](https://doi.org/10.1101/gr.102954.109)

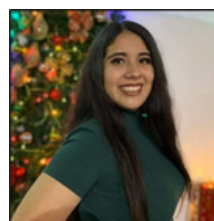
6. Orca (*Orcinus orca*). iNaturalist Ecuador. (7 de agosto, 2023). Obtenido de: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/41521-Orcinus-orca>

7. Riesch, R. (2017). La especiación de la orca común. *Investigación y ciencia*, 484, 80-88. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6045359>

Sobre los autores:



Claudia Ivette Maytorena Verdugo es profesora en la Universidad Politécnica del Centro, en el área de Biología Molecular en la carrera Ingeniería en Biotecnología y su línea de investigación se centra en fisiología digestiva y nutrición de organismo acuáticos.



Berenice Vidal García es estudiante de 7to cuatrimestre de Ingeniería en Biotecnología en la Universidad Politécnica del Centro. Como parte de su formación académica, se interesó en las aplicaciones de las herramientas moleculares para la conservación de especies marinas.

Cita:

Vidal García, Berenice, & Maytorena Verdugo, Claudia. (2023). Bajo la superficie: Explorando la diversidad de las orcas. *Biotecnológica magazine*, 1(3), 27-30.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8323398>



Paola Magallón Servín Investigadora en CIBNOR

Paola Magallón Servín, es una Investigadora por México comisionada en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) desde el 2016. Su principal interés es lograr incidir en el sector productivo y agroalimentario. Durante muchos años se dedicó a la vinculación con empresas del ramo agrícola y acuícola. Sin embargo, lo que la mueve y lo que la inspira es incidir en la ecoeficiencia de los sistemas productivos para alcanzar la seguridad alimentaria de los niños que están en condiciones de vulnerabilidad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas. En el 2019 sometió 5 proyectos durante la pandemia (convocatorias nacionales e internacionales), enfocados a la transferencia social del conocimiento de sistemas agroacuícolas (acuaponía, integración, sistemas hidropónicos) a grupos de base comunitaria que buscaban alcanzar la seguridad alimentaria, sin éxito. Así que en el 2020 sometió una propuesta a PRONACES del CONAHCyT y esta fue aprobada, desde entonces este ha sido su proyecto principal: “Sistema agro-acuícola integrado sostenible

e incluyente para comedores comunitarios en zonas urbanas y peri-urbanas: Un nuevo modelo para lograr la soberanía alimentaria en México”.



Figura 1. Colecta de productos. Yaneth Márquez, Abigail Enríquez, Yadira Salazar, Kristoff Vergbugrt, Celene Navarro Hurtado.

El origen de Paola es particular, viene de una familia sencilla de abuelos campesinos (migrantes de Estados Unidos) y panaderos, pero de padres científicos muy comprometidos a atender el hambre y los problemas que enfrentan las familias que abandonan el campo para ir a las ciudades o cruzar al norte para trabajar. Nació en el Distrito Federal, pero creció en Baja California Sur, donde desde los 6 años tuvo su primera experiencia de hacerse cargo de un gallinero, una huerta y el cultivo de champiñones en el patio de su casa. Tuvo el gran privilegio de crecer entre los pasillos de un centro de investigaciones y lo que más disfrutaba era pernoctar toda la noche a un lado de su padre, produciendo nauplios, alimentando camarones y en el cuarto frío de las microalgas. A los 11 años ya tenía una mini granja de camarones en su casa, pollos, huerto, centro de composta, una iguana, 4 perros, conejos, gansos y codornices. Juró que jamás sería investigadora como sus padres, ella quería ser abogada. Pero en ese momento ya era una científica. Así que persiguió su identidad y estudió bastante para poder hacer una transición de la mera generación de conocimiento a integrar el conocimiento para poner sus esfuerzos en resolver problemas reales tanto en la industria como en la sociedad usando biotecnologías sustentables.

En el 2019 conoció a Francisco Gonzáles Jacquez, un gran ser humano dedicado a mejorar el acceso de los alimentos a diferentes comunidades en condiciones de inseguridad alimentaria. Así que en colaboración con él sometió varias propuestas a diferentes plataformas, sin éxito, dedicó todo su tiempo durante el

COVID a producir en dos invernaderos tanto peces como hortalizas con financiamiento de su padre y ella para donar todos esos alimentos a las personas que estaban enfrentando la dificultad de encontrar alimentos sanos.



Figura 2. Sra. Patricia Rivapalacio y Delmar participando en los comedores comunicatorios con los productos generados en CIBNOR.

Ese proceso le dió la confianza de que el sistema estaba listo para ser transferido, pero había un gran problema, los sistemas acuícolas son costosos y la capacitación es reducida. Así que, en vez de transferir un gran sistema, tuvo que trabajar en colaboración con su equipo de trabajo para hacer el sistema modular y adaptable a cualquier espacio urbano y peri-urbano. Validó esta tecnología de manera experimental y solicitó al fondo PRONACEs el apoyo para contribuir con la generación de alimentos para el autoabasto de grupos de colaboración alimentaria, ella y su grupo tuvieron éxito. Sin embargo, había otro gran problema, identificar qué grupo de la población sería el más idóneo para recibir esta tecnología. Entonces tuvo la gran fortuna de conocer a Patricia Riva Palacio y Delmar, una líder comunitaria que tenía un comedor de más de 76 niños en El Caribe Bajo en Cabo San Lucas, la Sra. Paty le mostró su increíble labor y altruismo para rescatar la niñez de Cabo. Entonces formó un grupo de trabajo con Celene, Yaneth, Kris, Abi, Yadi, Memo y Francisco para adaptar los sistemas a los centros comunitarios que trabajan con niños y que necesitan alcanzar una seguridad alimentaria, una educación adecuada y una salud tanto física como emocional para cualquier niño independientemente de la situación que vive en casa.

Figura 3. A)Equipo de Trabajo: Yaneth Márquez, Abigail Enríquez, Yadira Salazar, Kristoff Vergbugrt, Celene Navarro Hurtado. B-D)Productos generados en CIBNOR.



Es así como inició esta gran y dura aventura de transferir socialmente un sistema productivo de peces y hortalizas seleccionadas por su alto valor nutracéutico y nutricional para mejorar la densidad de nutrientes que los niños consumen. Para eso se tuvo que generar una nueva ingeniería acuícola y reducir los costos al 300% de lo que cuestan generalmente en la industria. Paralelamente, se encuentra trabajando en pasar de una hidroponia acoplada al sistema acuícola (híbrida), que usa fertilizantes químicos complementarios a la generación de biofertilizantes, la producción de hongos, de huevo y de otras hortalizas que no se desarrollan en hidroponia, evitando el uso de insecticidas, hormonas, transgénicos y herbicidas a través del manejo microbiano de los sistemas. Es así como nació la idea de que es totalmente posible generar oasis alimentarios en zonas desérticas (una realidad cada vez mas presente debido al cambio climático global), con escasez de agua, altos costos en la electricidad, importación de alimentos, una alta densidad de pantanos alimentarios (tienditas de conveniencia) entre otros retos. Sin embargo, Paola sigue siendo esa niña curiosa, sensible e intrépida que junto con su equipo lucha cada día para lograr una mejor accesibilidad de nuevas tecnologías agroalimentarias a cualquier persona que requiera alimento de calidad.

Por todos estos valores, y su esfuerzo en pos del bienestar social, en todos sus sentidos, consideramos a la Dra. Paola Magallón Servín como una heroína entre nosotros y quisimos darle este breve reconocimiento a su silenciosa labor.

Especial agradecimiento al Dr. Magallón, al M.C. Guillermo Portillo y al Biol. Jesús Peiro por donar su tiempo en la Construcción de invernaderos y manejo de los peces

Cita:

Consejo Editorial Fundador. (2023). Héroes entre nosotros: Paola Magallón Servín. Biotecnológica magazine, 1(3), 31-34.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8327208>

