



Biotecnología a la Vanguardia

El lado matemático de la biotecnología

Revista de divulgación científica iBIO, AÑO 4, NÚMERO 2, Julio de 2022, es una publicación electrónica cuatrimestral.

Los artículos y su contenido son responsabilidad exclusiva de sus autores. Se permite la reproducción total o parcial del contenido con fines de divulgación, otorgando el debido crédito a los autores. Queda prohibida cualquier forma de comercialización del contenido.

Fecha de última modificación:
27 de septiembre de 2022

Contacto
revista.ibio@gmail.com



<http://revistaibio.com/>



/revista.ibio



ibio.revista



issuu

Revista de divulgación científica iBIO

DIRECTORIO

Dirección general

Nayely A. Hernández Hernández

Subdirección

Jesús Torres Rizo

Comité editorial

Lilian Navarro Rojas
Isauro Guzman Cortez
Jessica Sánchez Vargas

Redacción

Olga B. Benítez López
Adrián Chávez Sánchez
Karla X. Franco Flores
Ingrid M. Gallegos Olmos
Gpe. Tonantzin de Dios Figueroa

Revisión

Ana Alvarez Valdez
Fernanda Alcalá García
Karla Rivera Zamudio
Melisa Alanis Arias
Montserrat Arias Herrera
Nadia Vázquez Zúñiga
Apolo C. Avelar Sanchez
Galilea Y. Martínez Ramírez

Diseño y maquetación

Jessica Sánchez Vargas
Francisco J. Valdés Parada
Daniela Johana Velázquez
Mónica J. Gutiérrez Velasco
Jordi H. Reyes Comonfort
Grace G. Pila Rosero
Saira Reyes Diego
Mónica Itzel Joaquín

Redes sociales

Bryan A. Polito Palma

EDITORIAL CARTA

Nos satisface presentar la novena edición de la revista de divulgación científica iBIO encaminada a contenidos de avance en la biotecnología; por lo tanto, la edición de septiembre 2022 aborda diversos temas de utilidad para alumnos, profesores e investigadores en esta área de conocimiento.

En esta nueva edición nos complace presentar una nueva sección que lleva el nombre de Conciencia, con el artículo “Microalgas, fábricas biológicas. Más allá de los biocombustibles” de nuestro amigo M. en C. Isauro Guzmán Cortez que acentúa el potencial que las microalgas poseen para generar productos de beneficio para el ser humano.

Nuestra sección El tema del mes, “El lado matemático de la biotecnología”, es presentada por nuestra querida M. en Bt. Jessica Sánchez Vargas y su colega el Dr. Francisco J. Valdés Parada. El artículo comprende lo importante de entender el enfoque de cada sistema que se estudie para poder aplicar el modelo matemático idóneo.

Por último, nuestro apreciado Bryan Antonio Polito Palma también nos ostenta un artículo, “El ATG de la bioinformática”, en la cual escribe como ha impactado la bioinformática a la biotecnología, sus avances y sus limitaciones.

Deseamos que sea de su agrado esta nueva edición de la revista en la cual trabajó con dedicación la familia de la revista de divulgación científica iBIO.

Nayely A. Hernández Hernández
Directora general



Identidad iBIO

Esta es la sexta edición de manera ininterrumpida pero no habría sido posible sin el equipo de trabajo que se formó en el 2020 y que vio resurgir a la Revista de Divulgación Científica iBIO. Fue como resultado de su trabajo que se publicó la edición COVID-19 en diciembre del mismo año, viendo en la pandemia una oportunidad para poder divulgar la función de las vacunas y la relevancia de estos desarrollos biotecnológicos.

El Área de Redacción se encontraba dirigida por dos alumnas de UPIBI: Sonia Martínez y Michelle Torrijos, quienes tenían en sus filas desde alumnos como Ángel Durán y Emmanuel Alarcón hasta egresados como el IBT. Adrián Chávez, la M. en B. Jessica Sánchez y la M. en I. Olga Benítez.

El grupo de Revisión se conformó por Jesús Torres, Ana Álvarez y Fernanda Alcalá que fueron liderados por Vianey Luna y Monserrat Arias. Todos ellos alumnos de la UPIBI, con excepción de Fernanda que estudió en la Universidad Anáhuac.

El Diseño y la Diagramación de la Revista tuvo una base muy sólida ya que Daniel Vergara supo formar un gran equipo con sus compañeras: Aketcyn Hernández, Daniela Velázquez, Jazmín Zúñiga y Nareni Echeverría. Cabe mencionar que, sin ser diseñadores gráficos, estos estudiantes y egresados de las Ingenierías de Alimentos y de Biotecnología hicieron un gran trabajo y diseñaron una revista con un diseño muy fresco, atractivo y sin olvidarse del origen de la revista.

Las Redes Sociales son un medio de comunicación indispensable actualmente y no podríamos haber llegado a tantas personas si no hubiera sido por el gran trabajo de Sergio Feregrino, Brenda Jiménez, Bryan Polito, Quetzally Ovando, Camila Armas y Luz Carrillo; todos ellos estudiantes de nivel superior al igual que Gerardo Morán quien dirigió el equipo.

Este es un pequeño agradecimiento para todas las personas que hicieron posible la primera edición de esta nueva etapa. Algunos han seguido otros caminos ajenos a la divulgación, mientras que otros han continuado trabajando en la revista; sin embargo, todos han sido piezas importantes para seguir adelante con este proyecto. ¡Muchas gracias por su dedicación y entusiasmo!



Contenido

El tema del mes

El lado matemático de la biotecnología

Jessica Sánchez Vargas y Francisco J. Valdés Parada

7

¿Cómo funciona?

Obtención de compuestos vegetales ¿Mediante microondas?

Herminia López Salazar

11

Arte e ingeniería

El arte del proceso de un buen chocolate

Dulce del Carmen Velásquez Reyes

15

Cápsulas de ciencia

Producción de microorganismos entomopatógenos para el control de insectos plaga en cultivos agrícolas

Lucia Araceli Manzanarez Jiménez

19

Redes empresariales

De servicio social a empresa

Brenda I. González Rivera

24

Redes científicas

La biotecnología en la agenda 2030

Jorge Álvarez Cervantes

27

Hot science

El ATG de la bioinformática

Bryan Antonio Polito Palma

30

ConCiencia

Microalgas, fábricas biológicas

Isauro Guzman Cortez

33

¿Y ahora qué?

La contaminación y la biotecnología de microalgas

Erika Rojo Gómez

37

Caminando con biotecnología

Francisco Morales Godos y Adrián Chávez Sánchez

40

Científicos notables

Frederick Sanger: La secuenciación del alfabeto de la vida

Jordi Humberto Reyes Comonfort

44

El tema del mes

El lado matemático de la biotecnología

Un lenguaje poco entendido, pero con mucho potencial

Un modelo puede entenderse como la representación de una parte de la realidad. De esta forma, el lenguaje es un modelo, así como las expresiones artísticas, los experimentos en un laboratorio y las teorías matemáticas. En el caso de los modelos matemáticos, pueden haber muchas clasificaciones, una de ellas es de acuerdo con la información que requieren para formularse y los resultados que aportan. Bajo este criterio se pueden catalogar a los modelos matemáticos en deterministas y estocásticos [1]. Los primeros se caracterizan por entregar una misma salida para una cierta entrada (como, por ejemplo, la solución de una ecuación algebraica). Mientras que en los segundos el resultado no siempre es el mismo (depende de la probabilidad) pues está sujeto a la variación de los datos de entrada (por ejemplo, la probabilidad de la herencia de un cierto carácter a través de las generaciones). Estas aproximaciones son complementarias; pongamos el caso del movimiento aleatorio de esporas en un fluido que puede modelarse de manera estocástica para calcular el coeficiente de difusión, el cual se utiliza en un modelo determinista para el transporte y acumulación de las esporas. Los bioprocesos, por su compleja naturaleza, donde existe una considerable variedad de factores que repercuten sobre el resultado final, son por lo general estocásticos. Sin embargo, en la práctica es deseable contar con procesos deterministas donde se tenga certidumbre del resultado a obtener (para la producción de un biofármaco se buscan determinados atributos de calidad: rendimientos, tiempos de cultivo, calidad del producto, efectividad de una biomolécula, entre otros [2]), por lo que se suelen aplicar controladores que limiten el intervalo de variabilidad y de esta forma aproximen el resultado lo más posible a valores deseados.

Jessica Sánchez Vargas¹
Francisco J. Valdés Parada²

1. Departamento de Biología Molecular y Biotecnología, Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. jessica.sanchezvarg@gmail.com

2. Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México. iqfv@xanum.uam.mx

Los modelos deterministas, a su vez, se pueden clasificar de acuerdo con su origen en modelos *a posteriori* y *a priori*. Los primeros requieren de la experimentación para ser formulados (como los valores de los coeficientes en el modelo logístico de crecimiento microbiano, que se calculan ajustando datos experimentales), mientras que los segundos pueden formularse a partir de principios fundamentales (un ejemplo es la ecuación de Hagen-Poiseuille para el flujo en tuberías que no tiene ningún parámetro ajustable). En la práctica, es común encontrar aplicaciones donde ambos enfoques de modelado se complementan. Para ilustrar esto basta con mirar a los procesos industriales: los esquemas de control de procesos usan ecuaciones de transporte (*a priori*), cuyas propiedades (como la densidad, viscosidad, conductividad térmica, etc.) pueden cambiar con el tiempo, o incluso entre lotes, y afectar la calidad del producto final. Por ello, la dependencia temporal de las propiedades suele calcularse *a posteriori* mediante experimentos de laboratorio [2,3], actualizando así los valores de los coeficientes en el modelo de transporte para favorecer el control del proceso.

Como es de esperarse, en aplicaciones industriales se prefiere el uso de modelos *a posteriori* pues no se busca (cotidianamente) modificar la configuración del proceso, sino mantener un estándar de calidad [3]. En contraste, en la investigación científica es común tener que idear o adaptar técnicas experimentales para estudiar, por ejemplo, la influencia de perturbaciones ambientales sobre microorganismos o bioprocesos. En este sentido, es posible considerar, dependiendo del enfoque del estudio (y de la cantidad de información y recursos con los que se cuente), el llevar a cabo un modelado *a priori* o *a posteriori*. Cabe

recaltar que ambos enfoques de modelado tienen limitaciones: la deducción del modelo *a priori* involucra adoptar un conjunto de suposiciones que acotan su aplicabilidad, mientras que los modelos *a posteriori* solo pueden usarse bajo las condiciones experimentales específicas de los datos que se ajustaron. Dado lo anterior, es importante conocer el origen del modelo que se está considerando antes de aplicarlo, lo cual, aunque suena lógico, en muchas ocasiones no sucede. De hecho, no es raro que se utilice un modelo en particular sólo porque en estudios previos se ha reportado su éxito y no se cuestionen sus suposiciones o limitaciones, lo cual puede llevar a conclusiones equivocadas. En investigaciones de laboratorio normalmente se considera un amplio conjunto de variables que pueden influir en el resultado final del estudio, por lo que se suele adoptar un enfoque estadístico basado en el diseño de experimentos, lo cual para determinados estudios puede resultar costoso por la gran cantidad de experimentos a realizar. Una alternativa es el uso de modelos *a priori* para encontrar las condiciones experimentales más favorables de forma teórica, antes de llevar a cabo cualquier experimento que lo confirme. Lo anterior representa una ventaja en cuestiones de tiempo y recursos, aunado a que contribuye a un entendimiento del sistema, más allá del que se adquiere al ajustar datos y predecir coeficientes, además de que el modelado matemático al ser validado conserva conexión con los experimentos y consolida su credibilidad. La mayoría de los bioprocesos son de naturaleza jerárquica; esto quiere decir que lo que ocurre en un cierto nivel de escala (por ejemplo, para un bioproceso a escala industrial) depende de lo que sucede en niveles de escala inferiores (por ejemplo, a nivel intracelular). Más aún, la complejidad de los modelos matemáticos suele incrementarse conforme se desciende en los niveles de escala. En particular, al nivel de escala de un biorreactor de tipo tanque agitado se utilizan modelos algebraicos en estado estacionario, mientras que para una biopelícula se usan ecuaciones diferenciales. En ocasiones los modelos matemáticos al nivel de escala del biorreactor se proponen sin tomar en cuenta el papel que juega la información de los niveles inferiores. Lo anterior es atractivo por su simplicidad, desde un punto de vista académico, pero en aplicaciones de investi-



All models, like all experimental techniques, have their limitations. Knowing these limitations is paramount to benefiting from models. In science, mathematical models are formulations of theoretical concepts. Hence, understanding model limitations helps in identifying where knowledge gaps still exist.

- Eberl & Wade, 2020

gación es recomendable proceder en una forma sistemática para comprender la interacción entre los niveles de escala del sistema. Para ilustrar lo anterior, se puede considerar un biorreactor en el cual se hacen crecer biopelículas sobre un soporte inerte (ver Figura 1). Para deducir el modelo del reactor se debe primero plantear el problema del transporte de masa al nivel de escala más pequeño (esto es, subcelular) y después, mediante un proceso de *escalamiento* (de las ecuaciones matemáticas), llevar la información no redundante a través de los diferentes niveles de escala (a partir de la escala subcelular y hacia un conjunto de células y matriz extracelular, posteriormente de la biopelícula completa, más adelante, de la biopelícula y el soporte, etc.) hasta llegar al biorreactor. En este contexto se entiende por escalamiento al filtrado sistemático de información al pasar de un nivel de escala a otro e involucra el uso de suposiciones y operaciones de promediado [4]. Como puede notarse, hay muchos tipos de modelos matemáticos aplicables a bioprocesos. Cada enfoque tiene ventajas y limitaciones, por lo que es importante entender el sistema para poder aplicar el modelo matemático idóneo. No todo está escrito y cada aplicación requiere de una descripción detallada que puede hacerse en el lenguaje de las matemáticas. En la medida en la que se hagan más aportaciones en el modelado matemático de estos sistemas de escalas múltiples, se darán avances significativos tanto para la comunidad científica como para las diversas aplicaciones industriales. [ibio](#)

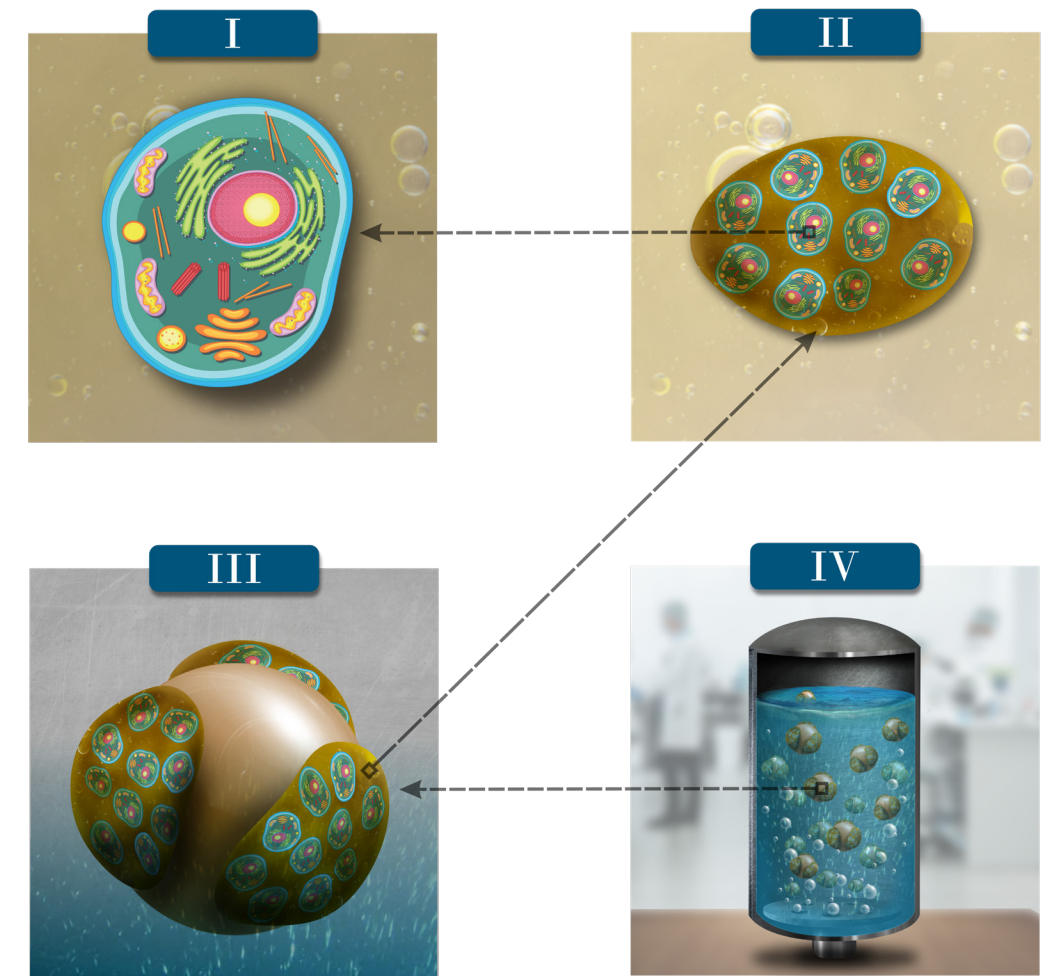


Figura 1. Esquema de la estructura de un biorreactor de biopelícula como sistema jerárquico, mostrando los diferentes niveles de escala que lo componen. I) Nivel de escala subcelular: una célula y sus organelos. II) Nivel de escala de biopelícula: células y matriz extracelular. III) Nivel de escala del soporte: biopelícula y soporte inerte. IV) Nivel de escala de biorreactor: soporte con biopelícula, burbujas de aire y medio de cultivo.

Referencias

- [1] Hahl SK and Kremling A (2016) A Comparison of Deterministic and Stochastic Modeling Approaches for Biochemical Reaction Systems: On Fixed Points, Means, and Modes. *Front. Genet.* 7:157. doi: 10.3389/fgene.2016.00157
- [2] Rathore, A.S., Bhambure, R. & Ghare, V. (2010). Process analytical technology (PAT) for biopharmaceutical products. *Anal Bioanal Chem* 398, 137-154.
- [3] Sommeregger, W., Sissolak, B., Kandra, K., von Stosch, M., Mayer, M. and Striedner, G. (2017). Quality by control: Towards model predictive control of mammalian cell culture bioprocesses. *Biotechnol. J.*, 12: 1600546.
- [4] Wood B.D. (2009). The role of scaling laws in upscaling. *Advances in Water Resources*, Vol. 32 (5), 723-736.

Obtención de compuestos vegetales ¿Mediante microondas?

Herminia López Salazar

Extracción por microondas, método rápido y amigable con el medio ambiente

Universidad Internacional Iberoamericana, México.
herminia784@gmail.com

¿Cómo

funciona?

Desde tiempos inmemorables, se han empleado a las plantas para curar y otorgar beneficios a la salud. Esto es debido a que las plantas producen una gran cantidad de compuestos como metabolitos secundarios (flavonoides, saponinas, esteroides entre otros). Las funciones que tienen en la planta son: darle protección de los herbívoros, patógenos y del estrés físico (luz ultravioleta y el calor) [1].

Estos compuestos se han empleado en la medicina tradicional [2]. Un método de obtención es la maceración, consiste en ocupar material, el cual se remoja en un disolvente y se deja reposar durante un período de tiempo, como se muestra en la Figura 1. Donde se suaviza y rompe la pared celular de la planta y facilita la salida de los compuestos [3].

La maceración se continúa utilizando en la actualidad. Sin embargo, presenta ciertas desventajas: tiempos prolongados de extracción, cantidades bajas de los compuestos, utiliza disolventes (en ocasiones tóxicos), puede causar la degradación de los componentes sensibles al calor. Lo que ocasiona problemas en la calidad, la seguridad y la eficacia en los compuestos deseados [4].

Por ello, existen métodos innovadores, los cuales proporcionan ventajas como: obtener mayor cantidad del compuesto de interés, menor tiempo de extracción, son automatizados (simples, rápidos y precisos); amigables con el medio ambiente y no tóxicos (conocidos como verdes) [5]. Entre estos métodos innovadores se encuentra la *extracción asistida por microondas* (EAM) [6].

De acuerdo con el mecanismo de las microondas en la célula vegetal, se sabe que el material vegetal contiene humedad, que al estar expuesta a la energía de microondas se calienta, provoca su evaporación, y un aumento en la presión sobre la

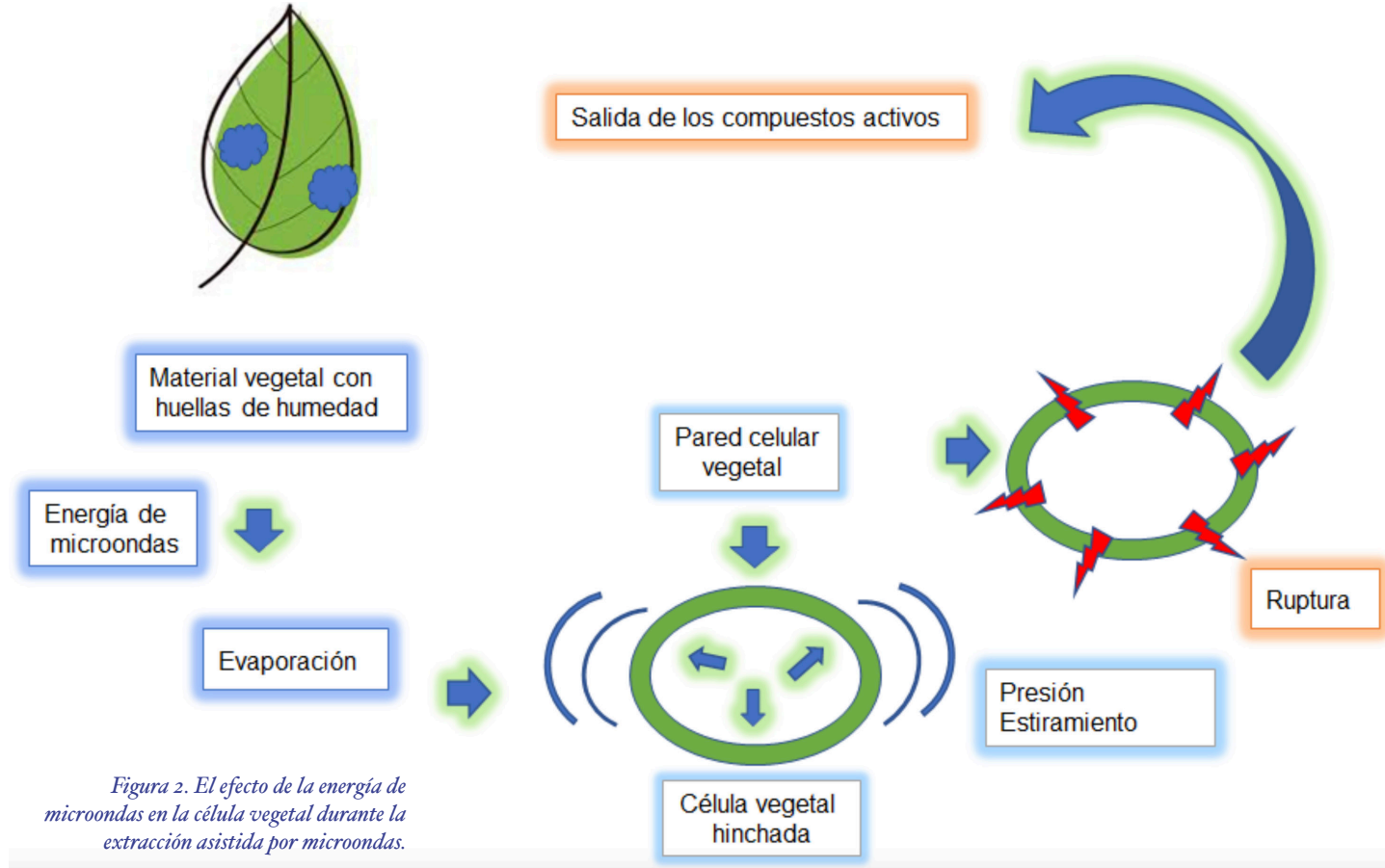


Figura 1. Maceración en etanol de romero (*Rosmarinus officinalis* L.)

pared celular, provocando un hinchamiento de la célula vegetal [7]. La presión empuja la pared celular desde el interior, estirándose y originando su ruptura y destrucción, esto facilita la salida de componentes activos, Figura 2.

Este proceso puede verse beneficiado si el material vegetal está impregnado con disolventes. El calentamiento generado por la radiación de microondas se produce desde el interior al exterior del volumen de la muestra, el cual difiere del calentamiento convencional que se produce de afuera hacia dentro, cuando está en contacto con una superficie caliente [8].

La EAM se utiliza para obtener diferentes compuestos de origen vegetal, como: flavonoides, saponinas, aceites esenciales, esteroides, entre otros. Estos compuestos aportan ciertos beneficios a la salud humana al ser antioxidantes y antiinflamatorios, por citar algunos. Los cuales son importantes para la industria cosmética, alimentaria y farmacéutica [2]. Por medio de la microscopía electrónica de barrido (SEM) [9] se observan cambios a nivel estructural del material vegetal expuesto al microondas, como se aprecia en la Figura 3.



Para concluir, en el reciente desarrollo de nuevos métodos de extracción de productos naturales a base de plantas, la EAM ofrece una buena opción, ya que es útil para extraer varias clases de compuestos, de forma rápida y respetuosa con el medio ambiente.

Glosario

SEM (Microscopía electrónica de barrido): Utiliza electrones en lugar de luz para formar una imagen.

Flavonoides: Son compuestos polifenólicos caracterizados por una estructura benzo- γ -pirano. Han demostrado proveer actividad antioxidante.

Saponinas: Compuestos glicosídicos que contienen un esqueleto triterpénico o esterooidal. Son agentes antiinflamatorios.

Esteroles: Se conocen como fitoesteroles. Tienen un núcleo ciclopentanoperhidrofenantreno en su estructura química básica y presentan un grupo hidroxilo en el carbono 3. Poseen propiedades antiinflamatorias.

Referencias

[1] Yazaki, K. (2006). ABC transporters involved in the transport of plant secondary metabolites. *FEBS letters*, 580(4), 1183-1191.

[2] Belwal, T., Ezzat, S. M., Rastrelli, L., Bhatt, I. D., Daglia, M., Baldi, A., & Anandharamakrishnan, C. (2018). A critical analysis of extraction techniques used for botanicals: Trends, priorities, industrial uses and optimization strategies. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 100, 82-102.

[3] Azwanida, N. N. (2015). A review of the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Med Aromat Plants*, 4(196), 2167-0412.

[4] Gupta, A., Naraniwal, M., and Kothari, V. (2012). Modern extraction methods for preparation of bioactive plant extracts. *Int. J. Appl. Nat. Sci.*, 1(1), 8-26.

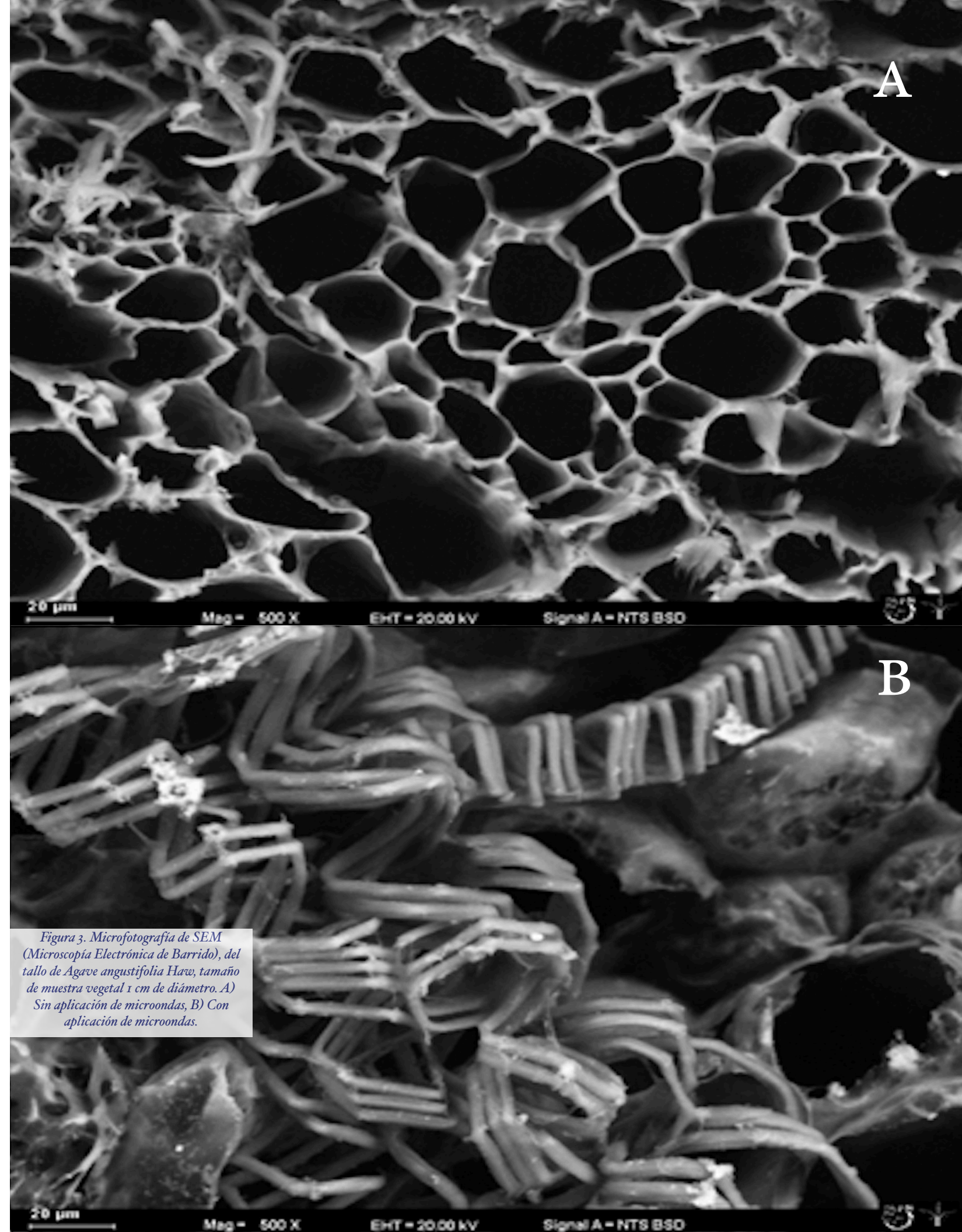
[5] López-Salazar, H., Camacho-Díaz, B. H., Ávila-Reyes, S. V., Pérez-García, M. D., González-Cortazar, M., Arenas Ocampo, M. L., & Jiménez-Aparicio, A. R. (2019). Identification and quantification of β -Sitosterol β -d-glucoside of an ethanolic extract obtained by microwave-assisted extraction from *Agave angustifolia* Haw. *Molecules*, 24(21), 3926.

[6] Vinatoru, M., Mason, T. J., & Calinescu, I. (2017). Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 97, 159-178.

[7] Yang, X. H., & Zhang, H. F. (2011). Effects of microwave irradiation on extraction of epimedin B from *Herba epimedii*. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 42(9), 1719-1723.

[8] Wang, L., & Weller, C. L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17(6), 300-312.

[9] Ren, Y., Chen, Y., Hu, B., Wu, H., Lai, F., & Li, X. (2015). Microwave-assisted extraction and a new determination method for total steroid saponins from *Dioscorea zingiberensis* CH Wright. *Steroids*, 104, 145-152.



Arte e

ingere

niiería



Vestidos decorados con chocolate

El arte del proceso de un buen chocolate

Dulce del Carmen Velásquez Reyes

*Centro de Investigación y Asistencia y Diseño en Tecnología del Estado de Jalisco.
dcvr94@hotmail.com*

Existen alimentos que pueden, con tan solo ol-
erlos, traernos recuerdos. Como cuando el 14 de
febrero se acercaba tu mejor amigo y te daba una
carta con tu chocolate favorito. Un 10 de mayo
caótico, buscando el regalo perfecto para mamá y
le comprabas su caja favorita de chocolates. O las
fiestas de cumpleaños en donde después de partir
la piñata, todos se abalanzaban sobre los dulces
y no importaba si tu chocolate se quebraba, te lo
comías de inmediato. Pero ¿te has preguntado en
todo lo que hay detrás de ese chocolate que te ha
acompañado en esos momentos especiales?

Para empezar, imaginemos que estamos en una
selva repleta de árboles frutales entre los que
se encuentran unos árboles enormes de hasta 7
metros de altura. En sus ramas observas flores
pequeñas que se convertirán en una especie de
“chilito” (Figura 1), que madurará y dará origen a
la mazorca de cacao (Figura 2). Este es el árbol del
que proviene el chocolate, la especie *Theobroma*
cacao L [1]. Así comienza el arte del proceso de
un buen chocolate.

La cosecha del fruto es un arte, pues los traba-
jadores del campo saben el momento justo en que
deben cortar las mazorcas maduras y sanas. Ellos
quiebran la mazorca con sus manos o utensilios,
(Figura 3) y colocan los granos y la pulpa que los
recubre (mucílago) dentro de un cajón de madera.
La fermentación es una serie de reacciones bio-
químicas producidas por microorganismos como
levaduras y bacterias que darán el perfil aromático
de tu barra de chocolate. Además de disminuir la
acidez y amargor del grano de cacao, eliminar el
mucílago, provocar la muerte del embrión y de-
sarrollar compuestos precursores del aroma y sa-
bor del chocolate. Para explicar la fermentación,
podríamos imaginar que, el cajón de madera es
un salón de fiestas y la comida para los invitados
(microorganismos) es el mucílago. Los invitados
llegarán de las manos de los trabajadores, de sus
utensilios, de insectos y del ambiente. La comi-
da, al principio, es muy ácida y rica en azúcares.

Las levaduras comienzan a comer el azúcar y la
convierten en alcoholes. Más tarde, las bacterias
ácido-lácticas, a las que les encanta el alcohol, lo
transforman en ácido láctico, ácido cítrico y otros
compuestos. Al final, las bacterias ácido-acéticas
convierten estos compuestos a ácido acético, el
cual tiene un olor muy fuerte y es característico
del cacao bien fermentado. La fiesta de la fer-
mentación puede durar de 4 a 7 días dependiendo
de la variedad de cacao. Nosotros no podemos
ver a simple vista esta gran celebración, pero sí
podemos ver el resultado, como el cambio de
color en los granos de cacao (de color blanco a
café) y los aromas que se desprenden como notas
cítricas, herbales, frutales o florales. Se ha es-
tudiado que, dependiendo del origen, la variedad
del cacao y las buenas prácticas postcosecha, los
microorganismos pueden variar, y esto es el se-
creto en la fórmula para el mejor chocolate [1-4].
En México se han identificado los microorganismos
y los compuestos que se producen durante la
fermentación [2-4]. Actualmente, diversos grupos
de investigación trabajan en la innovación de
este proceso artesanal, sin afectar las tradiciones
de las personas del campo. Un ejemplo de estos
proyectos es desarrollar un conjunto de micro-
organismos que puedan dar el aroma y sabor que
tu desees sin dejarlo al azar [5,6]. Es decir, poder
predecir el tipo de levaduras o bacterias necesar-
ias para obtener un perfil de sabor único y per-
sonalizado.

Después de la fermentación, se busca disminuir la
humedad del grano hasta un 6.5-7%, con la fina-
lidad de evitar el crecimiento de hongos y dis-
minuir la acidez, amargor y astringencia. Esto lo
lograremos por un proceso de secado que puede
darse al sol o en secadores artificiales. El grano
de cacao seco puede ser vendido a chocolateros
o continuar la línea de producción de chocolate.
Aquí, es momento de trasladarnos al taller del
chocolatero.

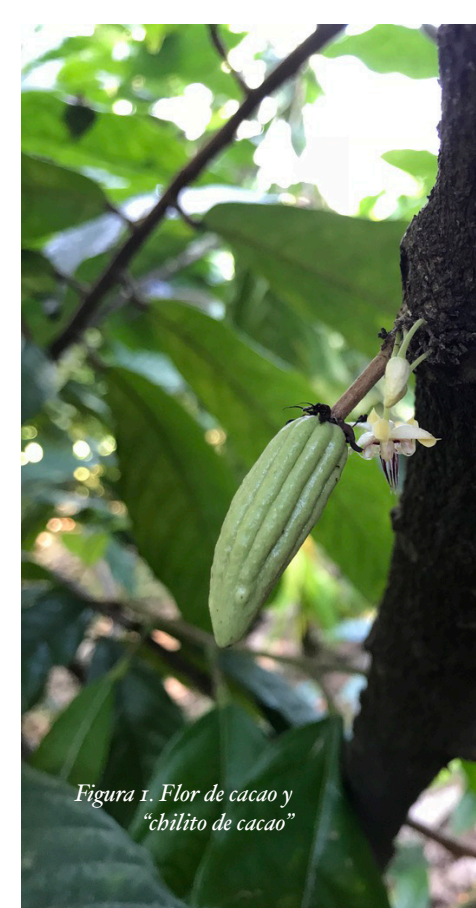


Figura 1. Flor de cacao y "chilito de cacao"



Figura 2. Mazorcas de cacao



Figura 3. Mazorcas de cacao y granos de cacao con mucilago

Si pensabas que Willy Wonka podía hacer maravillas, déjame contarte el trabajo del artista chocolatero. El cacao fermentado y seco pasa a un proceso de tostado, el artista decide la temperatura, tiempo y tipo de tostador que son adecuados para transformar los precursores del aroma que se originaron durante la fermentación en compuestos que den sabor al producto final. Los niveles de humedad de los granos se reducirán a aproximadamente un 2 % del contenido final, además, se reducirá la cantidad de microorganismos presentes en los granos, se aflojarán las cáscaras y se desarrollará el color marrón chocolate.

Con el cacao tostado, se procede a retirar la cáscara y a moler, a los pedazos de granos se les denomina nibs de cacao. Los nibs se llevarán a una molienda más fina por procesos de conchado y refinado, donde se determinará el tamaño de partícula que define las propiedades de fluidez de la suspensión e influye en el desarrollo de la textura y las cualidades sensoriales. El siguiente paso es el atemperado que da al chocolate su aspecto brillante y crujiente y las propiedades que permiten ser sólido a temperatura ambiente (20 a 25 °C) y derretirse en la boca (37 °C). Adicionalmente, también hace que el chocolate se encoja ligeramente para facilitar el desmoldado.

Con esto finalizamos la producción del chocolate, cada paso, la cosecha, fermentación, secado y tostado, es un arte que requiere de amor, los toques finales se obtienen durante la molienda y atemperado. Por si esto no fuera suficiente arte chocolatero, existen personas que transforman al cacao en más que una barra. El chocolate es un material maleable que permite a artistas crear esculturas de animales, esferas de navidad e, incluso, accesorios de ropa (Figura 4). Existe una serie de Netflix llamada "Academia del Chocolate" en la que chocolateros compiten por mejorar las técnicas de moldeado para generar obras de arte. El chocolate también ha sido referencia en el mundo cinematográfico, como la famosa frase de Forrest Gump: "La vida es como una caja de chocolates, nunca sabes lo que te va a tocar". O el pastel gigante de triple chocolate de la película de Matilda y no olvidemos a Charlie y la fábrica de chocolate; donde todos buscaban el boleto dorado para poder conocer la mágica fábrica de Willy Wonka. Así que, ahora que ya sabes cómo hacer un buen chocolate, a partir de aquí, la imaginación es el límite. [ibio](#)

Referencias

- [1] Schwan, R. F., & Wheals, A. E. (2004). The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Crit. Rev. Food Sci. Nut.* (44): 205-221.
- [2] Rodríguez, J., Escalona, H., Orozco, I., Lugo, E., Jaramillo, M. (2011). Dynamics of volatile and non-volatile compounds in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation and drying processes using principal components analysis. *Food Res. Int.* (44): 250-258.
- [3] Velasquez-Reyes, D., Gschaedler, A., Kirchmayr, M., Avendaño-Arazate, C. H., Rodríguez-Campos, J., Calva-Estrada, S. de J., & Lugo-Cervantes, E. (2021). Cocoa bean turning as a method for redirecting the aroma compound profile in artisanal cocoa fermentation. *Heliyon*, 7(8), e07694.
- [4] Arana-Sánchez, A., Segura-García, L. E., Kirchmayr, M., Orozco-Ávila, I., Lugo-Cervantes, E., & Gschaedler-Mathis, A. (2015). Identification of predominant yeasts associated with artisan Mexican cocoa fermentations using culture-dependent and culture-independent approaches. *World J. Micr. and Biot.*, 31(2), 359-369.
- [5] Alvarez-Villagomez, K. G., Ledesma-Escobar, C. A., Priego-Capote, F., Robles-Olvera, V. J., & García-Alamilla, P. (2022). Influence of the starter culture on the volatile profile of processed cocoa beans by gas chromatography-mass spectrometry in high resolution mode. *Food Bios.*, 47, 101669.
- [6] Mendoza Salazar, M. M., Martínez Álvarez, O. L., Ardila Castañeda, M. P., & Lizarazo Medina, P. X. (2022). Bioprospecting of indigenous yeasts involved in cocoa fermentation using sensory and chemical strategies for selecting a starter inoculum. *Food Micr.*, 101.



Figura 4. Zapatillas de chocolate

Cápsulas

de

ciencia

Producción de microorganismos entomopatógenos para el control de insectos plaga en cultivos agrícolas

Ejércitos microscópicos contra insectos plaga

Lucia Araceli Manzanarez Jiménez
Centro Interdisciplinario de Investigación y Desarrollo
Integral Regional Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional.
lmanzanarezjr800@alumno.ipn.mx

¿Sabías que existen comunidades microscópicas que sirven para regular plagas de insectos en cultivos agrícolas? Los microorganismos son seres vivos microscópicos que habitan los ecosistemas terrestres en comunidades de bacterias, hongos, virus, algas, protozoos, helmintos y nemátodos; diferenciados de acuerdo a su morfología, composición celular, movilidad y reproducción. Su función es vital para la supervivencia, ya que descomponen materia orgánica, producen oxígeno y nutrientes para los seres vivos [1].

En nuestro planeta también existen microorganismos patógenos que afectan a los organismos, sin embargo, la patogenicidad de algunos microorganismos se utiliza con éxito para combatir insectos que se alimentan de cultivos agrícolas. Estos microorganismos son los llamados entomopatógenos, ya que causan enfermedad en los insectos a través de infecciones sistémicas y parasitismo, son susceptibles de reproducir como insumos agrícolas para liberarlos de manera masiva en cultivos infestados por plagas de insectos [2]. Los sistemas de producción masiva de microorganismos entomopatógenos logran estandarizar el escalamiento del laboratorio a la industria, mediante operaciones que integran tipos de nutrientes, parámetros ambientales (pH, temperatura, humedad y oxigenación), así como cinética de crecimiento microbiano (latencia, exponencial, estacionaria y declive del medio) a través de su producción en sustratos sólidos y líquidos, mediante cultivos celulares cerrados, abiertos o continuos, diseñados conforme a un pro-

ceso de fermentación [3]. Los microorganismos entomopatógenos de mayor producción y comercialización a nivel mundial es la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Berliner) 1915, var. *Kurstaki*, los hongos *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin y en menor volumen se producen los virus de la poliedrosis nuclear (NPV), y los nematodos *Steinernema* y *Heterorhabditis* [2].

La bacteria *B. thuringiensis* es un microorganismo procariota, unicelular, carente de un núcleo, y tiene forma bacilar. Esta bacteria causa enfermedad en larvas que mastican y perforan los frutos, y las hojas, tallos y flores de las plantas, también enferma mosquitos y escarabajos; una vez que el insecto ha comido la bacteria, esta libera las proteínas Cry (crystal) y Cyt (cytolytic) que afectan su intestino, ocasionando que deje de alimentarse y muera por septicemia en un tiempo de 24 y 48 horas después de ingerir la bacteria [3]. *B. thuringiensis* se reproduce de manera industrial a través de fermentación líquida [4]. Los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae* son microorganismos eucariotas, se nutren de manera heterótrofa, y tienen forma filamentosa. Estas dos especies de hongos entomopatógenos eliminan insectos por medio de esporas o conidias infectivas que se adhieren y penetran el cuerpo de los insectos causando su muerte entre el día 3 y 5 después de haber sido invadido por el hongo [5]. Los hongos se reproducen en un sistema bifásico; primero se obtienen las esporas en medio líquido, y después pueden ser transferidas a un medio inerte o nutri-

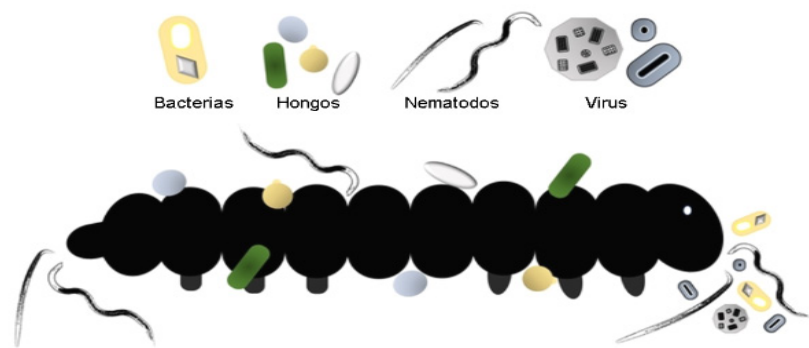
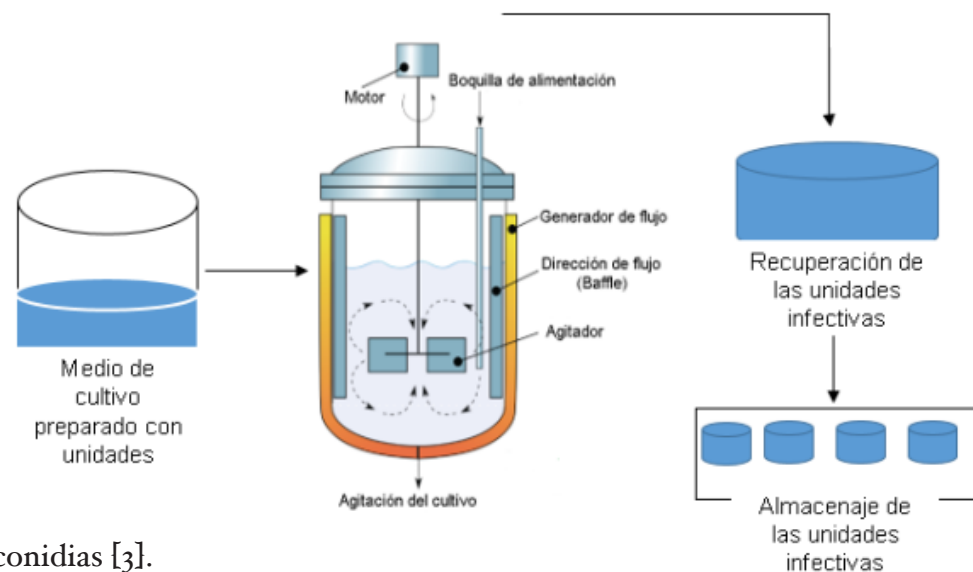


Figura 1. Mecanismos de infección por microorganismos entomopatógenos (Dara, 2017)

Figura 2. Diagrama general de un bioproceso para la producción de unidades infectivas de bacterias, hongos, virus y nematodos



tivo para la producción de conidias [3]. En cuanto a los virus, estos son entidades “ultramicroscópicas” no celulares que consisten en un núcleo de ácido nucleico (ADN o ARN) rodeado por una cubierta proteica. Los virus entomopatógenos más utilizados para el control de larvas de lepidópteros son los Baculovirus (BV) clasificados como virus de la poliedrosis nuclear (NPV) y granulovirus (GV) [4]. El mecanismo de patogénesis viral es a través de la replicación del virus en el núcleo de las células del intestino del insecto; esto causa pérdida de apetito y flacidez, así como escurrimiento de fluidos a través del cuerpo del insecto. Una característica distintiva de la infección por virus entomopatógenos es el movimiento del insecto hacia la parte superior de la planta, en posiciones colgantes. Los virus se reproducen *in vivo* en un sistema de producción insecto-hospedero, también se propagan *in vitro* mediante cultivos celulares, en sistemas de producción de cultivo cerrado y continuo [3]. Finalmente tenemos a los nematodos entomopatógenos, los cuales tienen una cutícula elástica con estrías transversales, su forma es cilíndrica y son translúcidos. Los nematodos de mayor utilidad para el

control de plagas pertenecen a los géneros *Steinernematidae* y *Heterorhabditis* [4]. Los estadios juveniles parasitan a los insectos a través de las aberturas naturales, espiráculos o partes suaves del cuerpo del insecto, en su interior se multiplican rápidamente y muere por septicemia causada por las bacterias *Xenorhabdus* y *Photorhabdus*, permitiendo a los nematodos desarrollarse sobre el tejido del insecto [3]. Al igual que los virus, los nematodos se reproducen *in vivo* en larvas de polilla de la cera *Galleria mellonella*, e *in vitro* en cultivo sólido y fermentación[4].

El sistema de reproducción comercial de los microorganismos entomopatógenos son los bioprocesos, los cuales emplean métodos biotecnológicos de reproducción para cada género y especie de microorganismo; como sustratos líquidos y sólidos que sirven de soporte o vehículo para su crecimiento mayormente en fermentadores industriales (150-6000 litros), que operan en condiciones controladas para facilitar el desarrollo de una reacción de crecimiento microbiano. En el diseño de los bioprocesos se integran métodos

biotecnológicos, normativos, de bioseguridad y calidad del producto [3]. El bioproceso se ajusta en función de la cinética de crecimiento del microorganismo, y de acuerdo a sus necesidades biológicas se utilizan sistemas de producción de cultivo abierto, cerrado y continuo. En el sistema abierto se inoculan los microorganismos, y la entrada de nutrientes se programa de manera escalonada de acuerdo con las necesidades del cultivo, en el sistema cerrado los microorganismos y los nutrientes se inoculan en la cantidad adecuada con el objetivo de obtener el producto por lote, y en el sistema continuo la producción se alimenta en partes iguales de microorganismos y nutrientes y se obtiene el producto conforme avanza la alimentación [4].

Actualmente los microorganismos entomopatógenos, suelen ser efectivos para el combate de insectos y no muestran amenazas a las plantas ni a los humanos, los estudios para su producción como insumos agrícolas continúan su desarrollo mediante la investigación de nuevas cepas con potencial para el control biológico de insectos, así como nuevas fuentes de nutrientes, mejoramiento de las variables de crecimiento durante su cultivo, y también el desarrollo de tecnología, formulación y su aplicación en cultivos agrícolas, con el objetivo de reducir o eliminar el uso de insecticidas químicos y mejorar la calidad de los productos agrícolas. [ibio](#)

Glosario

Ácido nucleico: moléculas que contienen, almacenan y expresan la información genética de los organismos.

Baculovirus: son virus patógenos que infectan exclusivamente insectos.

Bioproceso: es un proceso específico que utiliza células vivas completas o sus componentes (por ejemplo, bacterias, virus, enzimas, etc.) para obtener los productos deseados.

Cinética de crecimiento microbiano: incremento del número de células a partir de las de latencia, exponencial, estacionaria y de muerte.

Cultivo cerrado de microorganismos: los microorganismos y los nutrientes se inoculan en la cantidad adecuada con el objetivo de obtener el producto por lote.

Cultivo abierto de microorganismos: los microorganismos y nutrientes se programa de manera escalonada de acuerdo con las necesidades del cultivo.

Cultivo continuo: los microorganismos y los nutrientes se alimenta en partes iguales y se obtiene el producto conforme avanza la alimentación.

Especie: unidad básica de la taxonomía, es decir, la parte de la biología dedicada a la clasificación biológica de las especies.

Espora: cuerpo microscópico unicelular o pluricelular que se forma con fines de dispersión y supervivencia por largo tiempo en condiciones adversas, y que generalmente es una célula haploide.

Eucarionte: célula y organismo animal y vegetal que presenta un núcleo diferenciado, envuelto por una membrana y con citoplasma organizado.

Fermentación: proceso químico por el que se forman los alcoholes y ácidos orgánicos a partir de los azúcares por medio de los fermentos.

Género: es una categoría taxonómica que se ubica entre la familia y la especie; así, un género es un grupo de organismos que a su vez puede dividirse en varias especies.

In vitro: investigación que se realiza fuera del organismo, en el vidrio de un tubo de ensayo.

In vivo: investigación que se realiza dentro del organismo, en el vidrio de un tubo de ensayo.

Insumo agrícola: son productos de uso agropecuario destinados a la sanidad y alimentación de la producción agroalimentaria y de los animales.

Larva: animal en estado de desarrollo, cuando ha abandonado las cubiertas del huevo y es capaz de nutrirse por sí mismo, pero aún no ha adquirido la forma y la organización propia de los adultos de su especie.

Lepidóptero: orden de insectos con antenas largas, ojos compuestos, boca chupadora y cuatro alas cubiertas de membranas imbricadas; tienen metamorfosis completa, en el estado de larva reciben el nombre de oruga, son masticadores y sus ninfas son las crisálidas, como el gusano de la seda.

Microorganismo entomopatógeno: microorganismos que causan enfermedad en los insectos ya sea a través de infecciones, parasitismo y/o toxemia.

Microorganismo patógeno: microorganismo capaz de originar una enfermedad a la biología de un huésped, ya sea un humano, animal o planta.

Proteína Cry: factor de virulencia de la bacteria *Bacillus thuringiensis*; varias proteínas Cry tienen actividad letal contra los insectos lepidópteros y coleópteros.

Septicemia: es la presencia de bacterias en la sangre (bacteriemia) que a menudo ocurre con infecciones graves. También conocida como sepsis, la septicemia es una respuesta grave y potencialmente mortal a una infección que empeora de forma muy rápida.

Referencias

- [1] Fuerst, J.A. (2014). Microorganisms—A journal and a unifying concept for the science of microbiology. *Microorganisms*, vol. 2, pp. 140-146.
- [2] De Faria, M.R., Wraight S.P. (2007). Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Bio Control*, vol. 43, pp. 237-256, 2007.

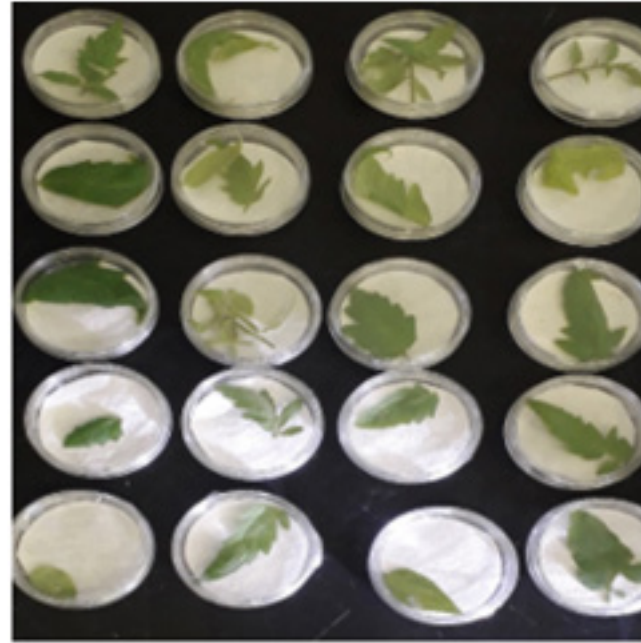
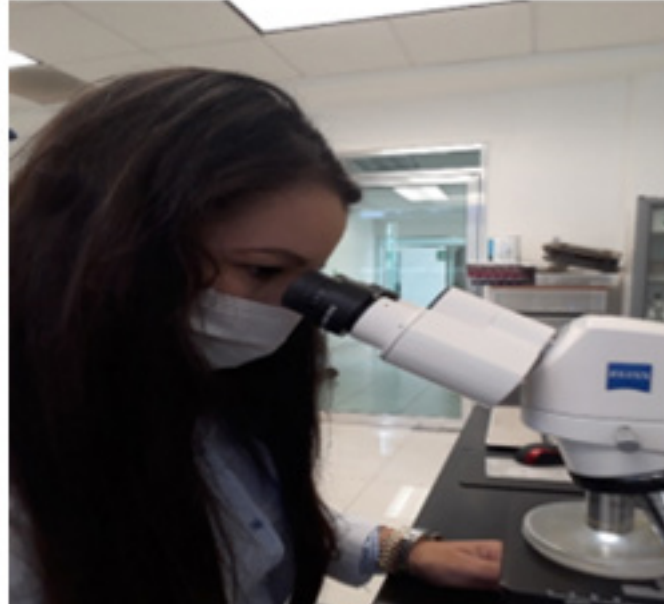


Figura 3. Bioensayos con microorganismos entomopatógenos in vitro



[3] Manzanarez-Jiménez L.A. and García-Gutiérrez, C. (2019). Modelo tecnológico industrial para la producción de bioinsecticidas. *Rev. Multidiscip. Av. Investig.*, vol. 5, no. 2, pp. 1-11.

[4] Arthurs S. and Dara, S. K. (2019). Microbial biopesticides for invertebrate pests and their markets in the United States. *J. Inv. Path.*, vol. 165. *Academic Press Inc.*, pp. 13-21.

[5] Manzanarez J. L. A., García G. C. (2020). Producción de esporas de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* por cultivo bifásico y su patogenicidad contra *Heliothis virescens* F, in *4to Congreso nacional de investigación interdisciplinaria. Enfrentando retos emergentes de ciencia y tecnología*, C. M. Antonio, Z. C. A. Merlo, and S. C. Márquez, Eds. SEPI-UPHIC-SA-IPN, pp. 123-126.

[6] Jaronski S.T., Jackson, M.A. (2012). Mass production of entomopathogenic Hypocreales," in *Manual of techniques in invertebrate pathology, Second.*, L. A. Lacey, Ed. San Diego, CA 92101-4495, USA: *Academic Press*, pp. 255-284.

Redes

empresariales

De servicio social a empresa

Maltas Cerveceras de México.

Maltas Cerveceras de México es una empresa dedicada a producir maltas base, tostadas y caramelizadas como insumo para cervezas artesanales. Pero ¿Qué es la malta? La malta es el grano de cereal que pasó por un proceso de germinado y secado. El objetivo de estos procesos es generar las enzimas necesarias para convertir el almidón del grano en azúcares simples.

La cebada es el cereal malteado más común, debido a su alto contenido de enzimas. Sin embargo, se pueden maltear otros cereales. La malta se usa principalmente en nuestro país para fabricar cerveza, whisky o harinas de malta como suplemento veterinario.

Desde 2020, México se ubica como el cuarto país productor de cerveza mundial, además figura como el mayor exportador de cerveza del mundo por sexto año consecutivo, por delante de países como Holanda, Bélgica y Alemania. Esta posición significa que el 17.9% de las cervezas que se venden en el mundo son de origen mexicano, demostrando que la agroindustria cervecera mexicana es vital para el crecimiento y desarrollo de la economía del país [1].

De acuerdo con datos de la Asociación de Cerveceros Artesanales de México (ACERMEX), durante este último año (caótico para varias industrias), la producción de cerveza artesanal se incrementó en un 8%, y el número de fábricas de cerveza artesanal superan las 1,200 [2].

La ley de pureza alemana establece una serie de regulaciones en torno a la producción de cerveza. De acuerdo a esta ley, la cerveza se debe elaborar únicamente con malta de cebada, lúpulo, levadura y agua; impidiendo que se agreguen aditivos a la cerveza, así garantiza la calidad del producto. El camino de la cerveza entonces, inicia en los campos de cebada. En México, se cultiva este

Brenda I. González Rivera
Ingeniería en Alimentos. UPIBI
bren.glez.rivera@gmail.com



Figura 1. Logotipo de la empresa.



Figura 2. Variedades de maltas.

cereal a gran escala, generando una derrama económica para los estados que la producen: Guanajuato e Hidalgo principalmente.

Teniendo en cuenta estos antecedentes debiéramos suponer que la materia prima para elaboración de cerveza está disponible en nuestro país, pero sorprendentemente no es así; si bien es cierto que el 66.3 % de la malta es producida en México y el 33.7% es de exportación, ese 66.3 % producido es acaparado por los grandes grupos cerveceros: Heineken (Grupo Cuauhtémoc-Moctezuma) y AB-InBev (Modelo) dejando únicamente el 3% del total para los cerveceros artesanales viéndose obligados a importar más de 2 mil toneladas anuales de malta por año [3].

Debido a esa necesidad nace Maltas Cerveceras de México: una empresa que se originó y gestionó en los laboratorios de Bioingeniería de la UPIBI como proyecto de investigación, para prestar servicio social. Con el valioso apoyo del ya finado Dr. Augusto Trejo González y la entonces estudiante de la carrera de Ingeniería en Alimentos Brenda I. González Rivera. Se desarrolló el plan de negocios y llevó a participar en el entonces Campamento de Emprendimiento Femenino de 2015 por parte del IPN y Fundación Banorte, ganando el tercer lugar de más de 25 proyectos participantes. Se recibió un

financiamiento y la mentoría por parte del Centro de Incubación de Empresas de Base Tecnológica (CIEBT) para incubar el proyecto, pero no logró incubarse, aun así siguió adelante mediante prueba y error, llegando a lo que hoy en día es una planta piloto con producto validado, generando ingresos y en busca de inversión para seguir creciendo ya que el principal objetivo es sustituir la importación y disminuir los costos de producción de los cerveceros artesanales y caseros, aportando valor a la cadena de producción de la cerveza y fortaleciendo la industria de la cerveza en México. [ibio](#)

Referencias

- [1] Echeverría Mara. (7 de mayo de 2020). México, el mayor exportador de cerveza del mundo. sborturl.at/bcDQ8
- [2] IBÚS. Tu Guía para Cerveza Artesanal (27 de abril 2021). Crece el número de cervecerías artesanales en México este 2021. <https://ibus.mx/crece-numero-de-cervecerias-artesanales-en-mexico-en-2021/>
- [3] INEGI. (2021). Conociendo la Industria de la Cerveza. Pp 16. https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198428.pdf



Figura 3. Producto terminado.

Redes científicas

La biotecnología en la agenda 2030

Un abanico de oportunidades para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible

Jorge Álvarez Cervantes
Dirección de Investigación, Innovación y Posgrado.
Universidad Politécnica de Pachuca.
jorge_ac85@upp.edu.mx

La biotecnología es una rama multidisciplinaria que utiliza microorganismos o sus productos, células o tejidos animales o vegetales para obtener conocimientos, bienes o servicios que benefician al ser humano [1]. Sus enfoques se han orientado a diferentes áreas o sectores en donde se busca dar solución a múltiples necesidades y problemas que afectan a la humanidad. Por lo que se apoya de otras ramas de la ciencia como la biología, la química, la física, la medicina, la genética, la bioquímica, la farmacología, entre otras.

No obstante, con la aparición de la biotecnología también surgen nuevos conceptos en la ciencia, uno de ellos es el del desarrollo sostenible [2], el cual alerta de las consecuencias ambientales negativas del desarrollo económico y la globalización. La biotecnología en conjunto con el desarrollo sostenible busca posibles soluciones a los problemas que se derivan de la industrialización y del crecimiento de la población.

El desarrollo sostenible tiene como objetivo satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. La cual se centra en atender las necesidades de los más pobres del mundo, a los que se les debe dar prioridad [3]. Teniendo en cuenta que la biotecnología y el desarrollo sostenible tienen un enfoque ambientalista, esto da origen a múltiples planes de acción creados por organizaciones gubernamentales para fijar acuerdos, informes, agendas, entre otras acciones en las que países de todos los continentes intervengan para cuidar al planeta, uno de ellos es la Agenda 2030 [4]. La cual consiste en un plan de acción para las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y el trabajo conjunto. Buscando el impulso de sociedades pacíficas, justas e inclusivas, así como la exigencia de una participación de todos los países, partes interesadas y demás individuos. La Agenda tiene como propósito acabar con la pobreza de aquí a 2030 y promover una

prosperidad económica compartida, el desarrollo social y la protección ambiental para todos los países. Fue aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas y los 193 Estados miembros de las Naciones Unidas, los cuales se comprometen a evaluar los medios de implementación para realizar el cambio y la prevención de desastres por eventos naturales extremos, así como la mitigación y adaptación al cambio climático. Este plan de acción está conformado por 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y 169 metas orientadas a todo el planeta en general, así como sus habitantes [3, 5]. El desarrollo de proyectos biotecnológicos que se tienen hoy en día inciden de forma directa en los ODS 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 y 15.

Las investigaciones biotecnológicas se destacan en proyectos que mejoran la calidad de los productos agroalimentarios así como de bioproductos que han impactado en el sector agrícola, también se ha buscado mitigar las emisiones de CO₂, desarrollar productos alimentarios con mayor aporte nutricional y funcionales, acceso a la innovación y la tecnología agropecuaria, aumento en la producción de alimentos mediante procesos sustentables, uso de herramientas moleculares para la creación de alimentos modificados genéticamente, así como buscar acciones que promuevan el cuidado del ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales mediante una producción y consumo responsable.


Por lo anterior, se puede concluir que la Agenda 2030 se propuso como alternativa para resolver problemas y necesidades a nivel mundial que impactan en el sector ambiental, social y económico. En este sentido, la biotecnología es un eslabón fundamental para alcanzar las metas de los ODS. Concluyendo que la agenda 2030 y la biotecnología priorizan en el desarrollo sostenible y el cuidado del medio ambiente. 

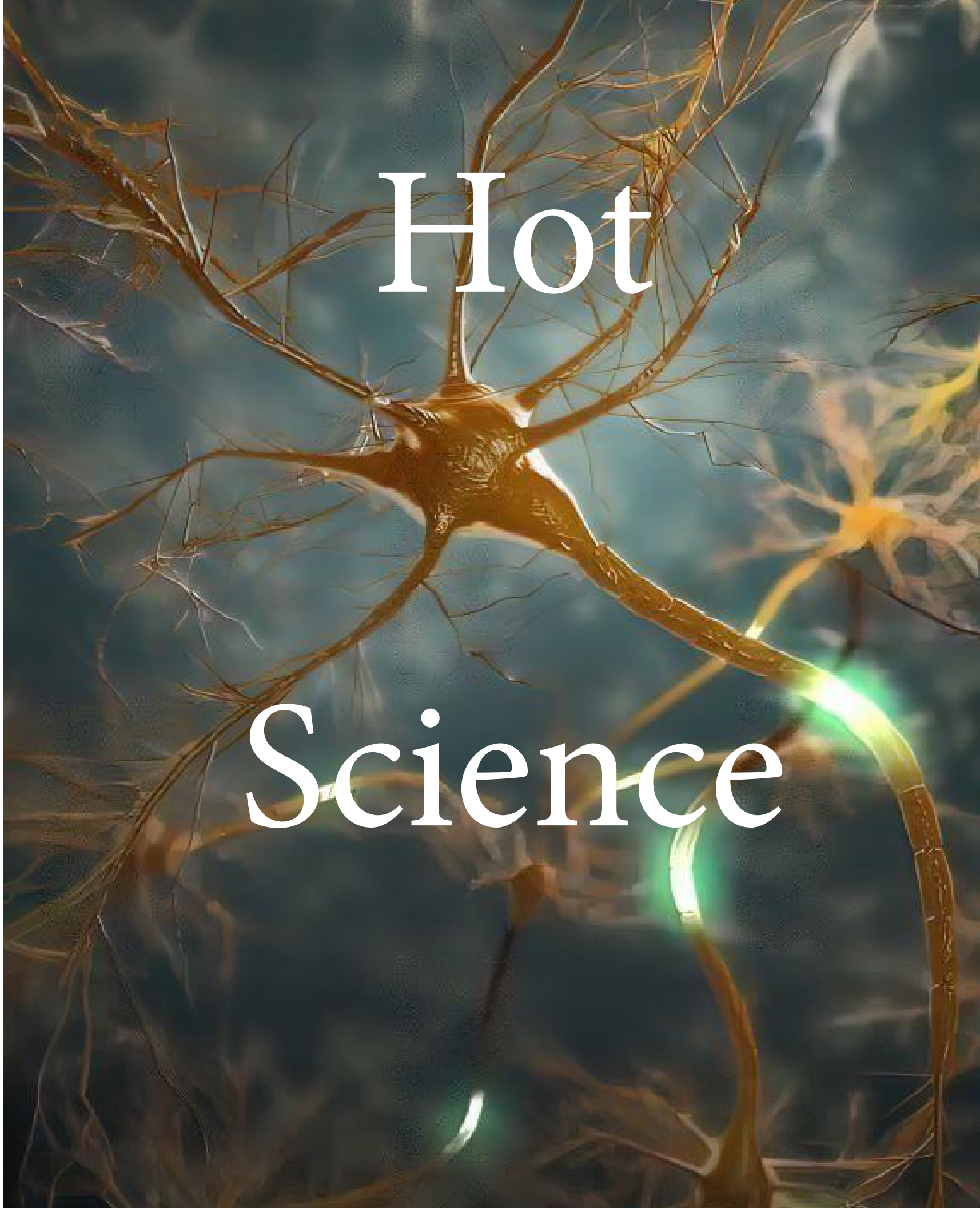
Tabla 1. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) [5]

Objetivo 1	Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo
Objetivo 2	Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible
Objetivo 3	Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades
Objetivo 4	Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos
Objetivo 5	Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas
Objetivo 6.	Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos
Objetivo 7.	Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos
Objetivo 8.	Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos
Objetivo 9.	Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación
Objetivo 10.	Reducir la desigualdad en los países y entre ellos
Objetivo 11.	Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles
Objetivo 12.	Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
Objetivo 13.	Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

Objetivo 14	Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible
Objetivo 15	Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
Objetivo 16	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas
Objetivo 17	Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible

Referencias

- [1] Sánchez Montero, J. M. (2011). Biotecnología: presente y futuro. *An. Real Acad. Nac. Far.*, Vol. 77, No. 4.
- [2] Larqué-Saavedra, A. (2016). Biotecnología prehispánica en Mesoamérica. *Rev. Fito. Mex.*, 39(2), 107-115.
- [3] Colglazier, W. (2015). Sustainable development agenda: 2030. *Science*, 349(6252), 1048-1050.
- [4] Gil, C. G. (2018). Objetivos de desarrollo sostenible (ODS): una revisión crítica. *Pap. Rel. Eco. Camb. Glob.*, 140, 107-118.
- [5] Cosme Casulo, J. (2018). Los objetivos de desarrollo sostenible y la academia. *Medisan*, 22(8), 838-848.



El ATG de la bioinformática

Bryan Antonio Polito Palma

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del IPN
polito.bryan@gmail.com

Es innegable que, en los últimos años, el sector informático ha invadido todos los rincones del mundo, logrando la evolución de muchas ramas de la ciencia y la industria; esto se debe principalmente al mar de datos que existe en la actualidad. Cuando se habla de “datos” en la informática se hace referencia a registros de cualquier tipo que se puedan consultar en un ordenador o computadora, provenientes de varias fuentes. Pero los datos por sí solos no ofrecen mucha información para poder obtener algún beneficio de estos. Dichosa la mente privilegiada que tuvo la brillante idea de aplicar matemáticas, especialmente estadística, a las bases de datos para obtener información que estos guardan.

Así es como surgió la ciencia de datos y su impacto es tal, que hoy en día, sectores como la industria de la moda, la tecnología, el entretenimiento e incluso organizaciones políticas, han socorrido a los análisis estadísticos robustos para sacar provecho del mar de datos que existe.

La biología es una rama de la ciencia que ha aprovechado esta nueva tecnología, debido a la gran cantidad de bases de datos que la comunidad se ha encargado de alimentar; especialmente *el hijo raro de la biología*: la biología molecular, ciencia que se encarga de estudiar todo lo relacionado a la genética de los organismos; relacionando así a gente proveniente de diversas áreas de la ciencia (algunas ajenas a la biología).

Este fantástico *romance* entre informáticos y biólogos moleculares ha dado a luz a un espécimen sumamente interesante llamado bioinformática. Así es como, en 1953, se habló por primera vez del ADN y, 70 años después, podemos entender a profundidad los mecanismos que las células guardan para poder utilizar su ADN y cumplir todo tipo de funciones.



ATG es la secuencia de ADN que inicia la síntesis de una proteína.

Se tiene que enfatizar la gran labor de investigadores alrededor del mundo que han contribuido a que los datos de sus experimentos puedan ser consultados públicamente con el fin de trabajar sobre ellos; tan importante es esto que hoy en día podemos encontrar muchos artículos en revistas científicas que no llevaron a cabo experimentación en laboratorio, sino que todos los datos trabajados provienen de experimentaciones previamente cargados por otros investigadores. La bioinformática aún se mantiene fuera del radar, es decir, el capitalismo aún no ha podido encontrar la forma de lucrar en su totalidad con esta actividad. Sin embargo, comienzan a surgir los primeros modelos emergentes que plantean un esquema de servicios para poder capitalizar esta nueva ciencia. En muchos casos el hecho de que la bioinformática no permita vivir de ella es desalentador para aquellos apasionados de esta tecnología y que, quizá, no tienen contemplado hacer un posgrado, ya que la mayoría de las

personas que necesitan este servicio provienen de instituciones académicas. La buena noticia es que, con el avance en este campo, el uso de ciencia de datos orientado a la biología ha permitido implementar estas técnicas a sectores como la medicina, la agricultura o la seguridad e higiene, lo cual es un indicio de que en el futuro podremos encontrar vacantes laborales fuera del ámbito académico. La mala noticia radica en los límites absurdos a los que se pueden llegar en los próximos años, el camino que ha zanjado la biología molecular (específicamente en materia de ingeniería genética) pone en evidencia la falta de regulación de estas actividades, en algunos países ya se encuentran trabajando en políticas específicas sobre el uso y análisis de material genético; lamentablemente en México y gran parte de países en Latinoamérica aún se encuentran muy rezagados en términos jurídicos, por lo que el futuro de estas tecnologías aún es un misterio. [ibio](#)

Referencias

- [1] Bottasso, O., Mendicino, D., Pérez, A. R., Moretti, E. (2021). Bioinformática y bioética. El desafío de complementarla. *Medicina* (Buenos Aires), 81(6), 1091-1092.
- [2] Cabeza, J. G. (2018) Aplicaciones bioinformáticas: Origen de la bioinformática. *Pueblo Continente*, 28(2), 373-377.



ConCiencia

Microalgas, fábricas biológicas

Más allá de los biocombustibles

Isauro Guzman Cortez
Revista de Divulgación Científica iBIO.
biotecnologoguzman@hotmail.com

El término microalgas es utilizado para referirse a microorganismos eucariotas y cianobacterias (procariotas) que realizan la fotosíntesis oxigénica [1].

En la industria biotecnológica, han cobrado gran atención en la producción de biocombustibles, sin embargo, en este artículo, queremos destacar el gran potencial que poseen para la producción de otros compuestos de interés comercial.

Productos alimenticios y piensos

Existen dos categorías principales de productos empleados en el mercado alimentario obtenidos a partir de microalgas [2].

La primera categoría incluye a algas liofilizadas (en particular, las especies de *Chlorella* y *Spirulina*), estos productos se pueden encontrar como suplementos dietéticos y tienen el potencial de usarse en productos básicos a granel como fuentes de proteínas y carbohidratos, además de poseer un alto valor nutricional por su contenido de vitaminas B12, C y D2. [3].

El segundo grupo incluye a productos especiales aislados y extraídos de las microalgas que se agregan a los alimentos y piensos para mejorar su valor nutricional. Entre los compuestos más usados, se encuentran pigmentos (p. ej. astaxantina y la clorofila), antioxidantes (p. ej. β -caroteno), proteínas (p. ej. ficocianina) y ácidos grasos (p. ej. omega-3, ácido docosahexaenoico, DHA y ácido eicosapentaenoico, EPA) [3].

Bioestimulantes y biofertilizantes

Las microalgas están atrayendo el interés de las industrias agroquímicas y los agricultores, debido a sus propiedades bioestimulantes y biofertilizantes [4].

Los bioestimulantes son productos derivados de materia orgánica que, aplicados en pequeñas cantidades, son capaces de estimular el crecimiento y desarrollo de varios cultivos [4].

Los biofertilizantes son productos que contienen microorganismos vivos o sustancias naturales que pueden mejorar las propiedades químicas y biológicas del suelo, estimular el crecimiento de las plantas y restaurar la fertilidad del suelo. Así pues, las microalgas, podrían utilizarse en la producción de cultivos para aumentar la sostenibilidad agrícola [4].

Producción de bioplásticos

Las cianobacterias no requieren una fuente de carbono orgánico ya que pueden utilizar el dióxido de carbono del ambiente como sustrato y convertirlo en materia prima para la elaboración de plásticos ecológicos [5].

Como muchos otros procariotas, las cianobacterias pueden producir Polihidroxialcanoatos (PHA), compuestos intracelulares y de almacenamiento de carbono, a partir de los cuales se pueden producir bioplásticos [5]. Además del PHA, las cianobacterias producen otros biopolímeros como el poli-3-hidroxibutirato (PHB). Aunque este bioproceso no es económico hoy en día, se han buscado alternativas para incrementar el rendimiento, entre las que se encuentran la limitación de nutrientes y condiciones de estrés [5].

Ingeniería de tejidos

Las microalgas son tan versátiles que incluso pueden llegar a emplearse en el tratamiento para la curación de heridas en la piel.

Tal es el caso de la técnica conocida como HULK (Hyperoxie Unter Licht Konditionierung por sus siglas en alemán) que se traduce como Inducción de Hiperoxia (niveles altos de oxígeno) bajo condiciones de luz, y consiste en sembrar la microalga *Chlamydomonas reinhardtii* en un andamio dérmico. Este sistema aprovecha el oxígeno generado por la microalga para favorecer la cicatrización de la herida (Figura 1). Los resultados empleando esta técnica, han mostrado que la presencia de microalgas no desencadena respuesta inmune natural en el huésped durante al menos 5 días, por lo que es segura de utilizar. Además, los implantes con microalgas generan altos niveles de vascularización [6]. Estudios posteriores en los que se emplearon microalgas modificadas genéticamente, que producen la proteína VEGF (Factor de Crecimiento Endotelial Vascular, por sus siglas en inglés), mostraron resultados alentadores en la formación de nuevos vasos sanguíneos y la regeneración de la piel [6].



Biofarmacéuticos

Las microalgas se han convertido en una plataforma potencialmente importante para la producción de proteínas recombinantes. Se han expresado con éxito anticuerpos, inmunotoxinas, hormonas, enzimas industriales, nutracéuticos, suplementos y otros compuestos importantes [8]. Algunas vacunas candidatas para humanos han sido evaluadas a nivel preclínico, en las cuales se incluyen: (i) una vacuna contra la alergia al maní con la capacidad de inducir efectos inmunoprotectores en un modelo de anafilaxia inducida por maní en ratones, (ii) un candidato dirigido a la malaria que redujo la parasitemia en ratones, y (iii) un candidato a vacuna contra la Virus del papiloma humano con protección antitumoral en ratones [9].

Conclusión

Las microalgas han cobrado gran importancia como una plataforma viable para la producción de compuestos biotecnológicos y aunque su campo de aplicación aún está en desarrollo, promete ser una plataforma viable, segura y de bajo costo. [iBIO](#)

Glosario

Parasitemia: Presencia de parásitos en la sangre.

Microalgas liofilizadas: Aquellas que han pasado por un proceso de deshidratación conocido como liofilización en el cual se congela la muestra para posteriormente sublimar el hielo a una presión reducida y una temperatura mucho menor a la de ebullición del agua con lo cual se evita que el calor dañe los compuestos de interés. Este proceso garantiza conservar las características organolépticas de la muestra y extender su vida de anaquel.

DHA: El ácido docosahexaenoico, es un ácido graso esencial perteneciente al grupo de los omega 3. Tiene un papel importante en el funcionamiento del sistema nervioso, el desarrollo de las neuronas y en la prevención de enfermedades inflamatorias y cardiovasculares [10].

EPA: El ácido eicosapentaenoico, es un ácido graso perteneciente al grupo de los omega 3. Su mayor importancia radica en la síntesis de eicosanoides, que son ácidos grasos responsables de diferentes funciones en la coagulación de la sangre, la regulación de la presión arterial, la respuesta del sistema inmunitario y la protección contra el cáncer y la aterosclerosis [10].

Referencias

- [1] Miguel, S. P., Ribeiro, M. P., Otero, A., y Coutinho, P. (2021). Application of microalgae and microalgal bioactive compounds in skin regeneration. *Algal Research*, 58, 102395. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102395>
- [2] Enzing, C., Ploeg, M., Barbosa, M., y Sijtsma, L. (2014). Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe. *JRC Scientific and policy reports*, 19-37. https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/final_version_online_ipts_jrc_85709.pdf
- [3] Vigani, M., Parisi, C., Rodríguez-Cerezo, E., Barbosa, M. J., Sijtsma, L., Ploeg, M., y Enzing, C. (2015). Food and feed products from micro-algae: Market opportunities and challenges for the EU. *Trends in Food Science & Technology*, 42(1), 81-92. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.12.004>
- [4] Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, D., Carminati, E., y Tava, A. (2019). Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions. *Agronomy*, 9(4), 192. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040192>
- [5] Grubišić, M., Ivančić Šantek, M., y Šantek, B. (2019). Potential of microalgae for the production of different biotechnological products. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 33(2), 161-181. <https://doi.org/10.15255/CABEQ.2019.1657>
- [6] Miguel, S. P., Ribeiro, M. P., Otero, A., y Coutinho, P. (2021). Application of microalgae and microalgal bioactive compounds in skin regeneration. *Algal Research*, 58, 102395. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102395>
- [7] Schenck, T. L., Hopfner, U., Chávez, M. N., Machens, H. G., Somlai-Schweiger, I., Giunta, R. E., ... y Egaña, J. T. (2015). Photosynthetic biomaterials: a pathway towards autotrophic tissue engineering. *Acta biomaterialia*, 15, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2014.12.012>
- [8] Grama, S. B., Liu, Z., y Li, J. (2022). Emerging trends in genetic engineering of microalgae for commercial applications. *Marine Drugs*, 20(5), 285. <https://doi.org/10.3390/md20050285>
- [9] Rosales-Mendoza, S., García-Silva, I., González-Ortega, O., Sandoval-Vargas, J. M., Malla, A., y Vimolmangkang, S. (2020). The potential of algal biotechnology to produce antiviral compounds and biopharmaceuticals. *Molecules*, 25 (18), 4049. <https://doi.org/10.3390/molecules25184049>
- [10] Eltanahy, E., y Torky, A. (2021). Capítulo 1 Microalgae as Cell Factories: Food and Feed-grade High-value Metabolites. En Ajam Shekh, Peer Schenk y R. Sarada (Eds.), *Microalgal Biotechnology: Recent Advances, Market Potential, and Sustainability*. (pp. 1-35) The Royal Society of Chemistry. <http://doi.org/10.1039/9781839162473-00001>

¿Y ahora

qué?



La contaminación y la biotecnología de microalgas

Erika Rojo Gómez

Centro de Investigación de Estudios Avanzados del IPN.
erika.rojo@cinvestav.mx

En los últimos dos años hemos recibido noticias alarmantes, comenzando por el surgimiento de una extraña enfermedad que no nos permitía seguir socializando de la manera que conocíamos, seguido de problemas ambientales, escasez de alimentos, incendios y recientemente, el calentamiento global como una emergencia ambiental. Estas noticias sin duda son desesperanzadoras, sin embargo, la biotecnología se presenta como una solución a varios de estos problemas. Promover una prosperidad económica compartida, el desarrollo social y la protección ambiental para todos los países. Fue aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas y los 193 Estados miembros de las Naciones Unidas, los cuales se comprometen a evaluar los medios de implementación para realizar el cambio y la prevención de desastres por eventos naturales extremos, así como la mitigación y adaptación al cambio climático. Este plan de acción está conformado por 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y 169 metas orientadas a todo el planeta en general, así como sus habitantes [3, 5]. El desarrollo de proyectos biotecnológicos que se tienen hoy en día inciden de forma directa en los ODS 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 y 15.

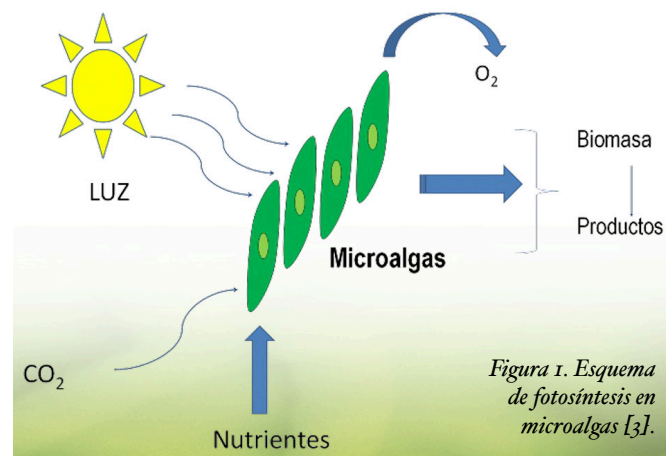
La biotecnología es una ciencia interdisciplinaria que hace uso de los microorganismos u organismos vivos para crear u obtener bienes o servicios, extendiéndose incluso hasta el uso de herramientas moleculares para mejorar genéticamente dichos organismos con la finalidad de utilizarlos en ámbitos como la salud, el ambiente, los alimentos, etc., haciendo frente a los problemas sociales que nos atañen actualmente.

Me gustaría hablarles de una rama de la biotecnología que ha despertado un interés a nivel

social y científico, que es la biotecnología ambiental. Los avances en los procesos industriales han orillado a las empresas a disminuir los desechos que generan, surgiendo así un término llamado economía circular, donde se busca que los desechos puedan ser reintegrados al ambiente disminuyendo el impacto ambiental del proceso. En ese aspecto, la biotecnología ambiental busca aprovechar los “desechos” como materia prima y en conjunto con los microorganismos obtener productos de valor agregado o commodities (bienes utilizados como insumos para la producción de otros bienes).

Las microalgas han sido uno de los organismos que han despertado interés en la última década, debido a la diversidad de productos que pueden obtenerse a partir de ellas, como lo son fertilizantes, biocombustibles, cosméticos, suplementos nutricionales, etc., [2]. Dichos organismos son considerados el eslabón primario de la cadena trófica y al ser organismos capaces de realizar fotosíntesis (Figura 1), aportan el 50% del oxígeno en la tierra. Una característica importante de las microalgas es que son capaces de crecer en cualquier ambiente rico en nitrógeno y fósforo, siendo estos, más el CO₂, la fuente de nutrientes principal para su crecimiento. Debido a su naturaleza cosmopolita y variedad de productos obtenidos, se han realizado estudios para evaluar su uso en el tratamiento de agua residual.

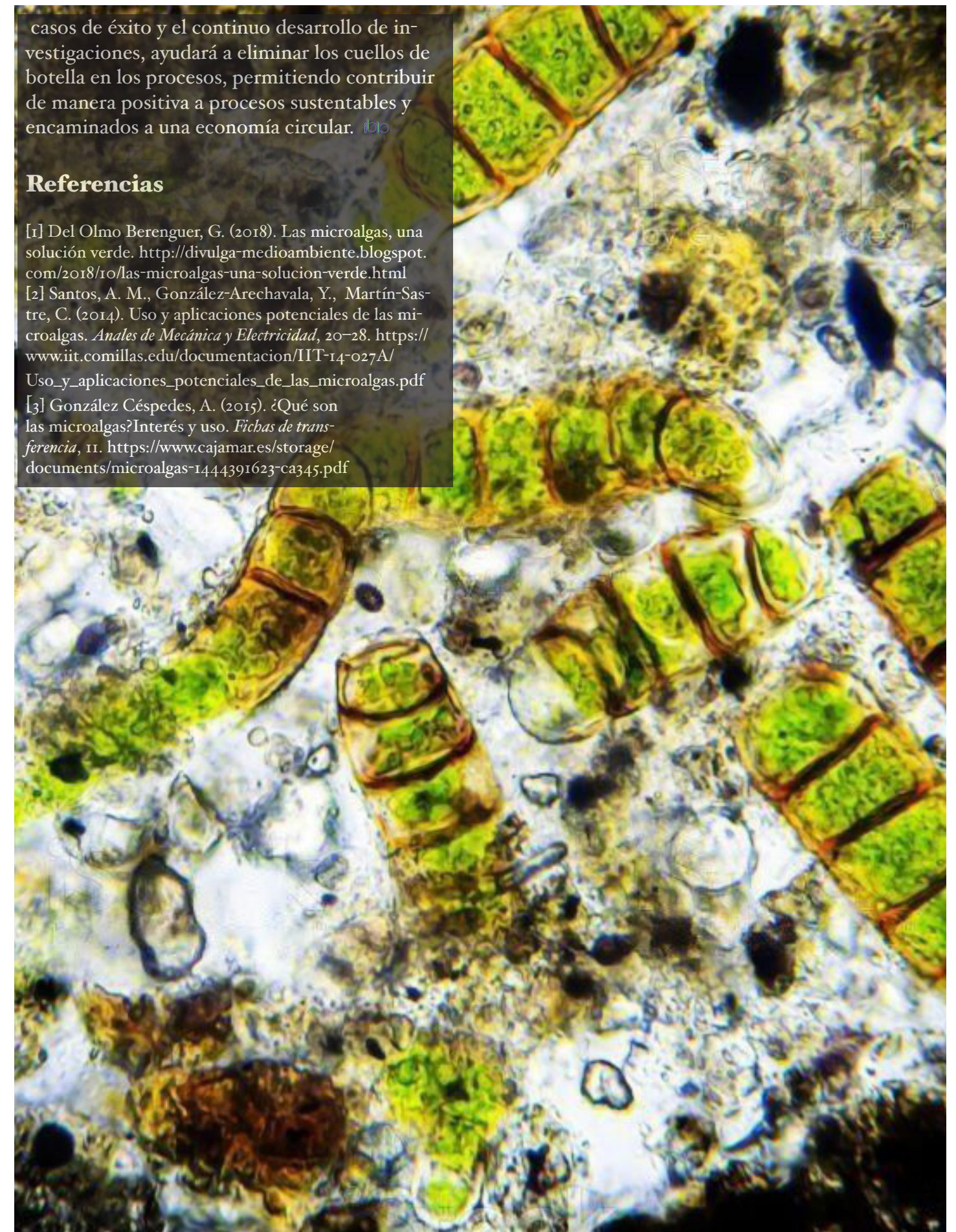
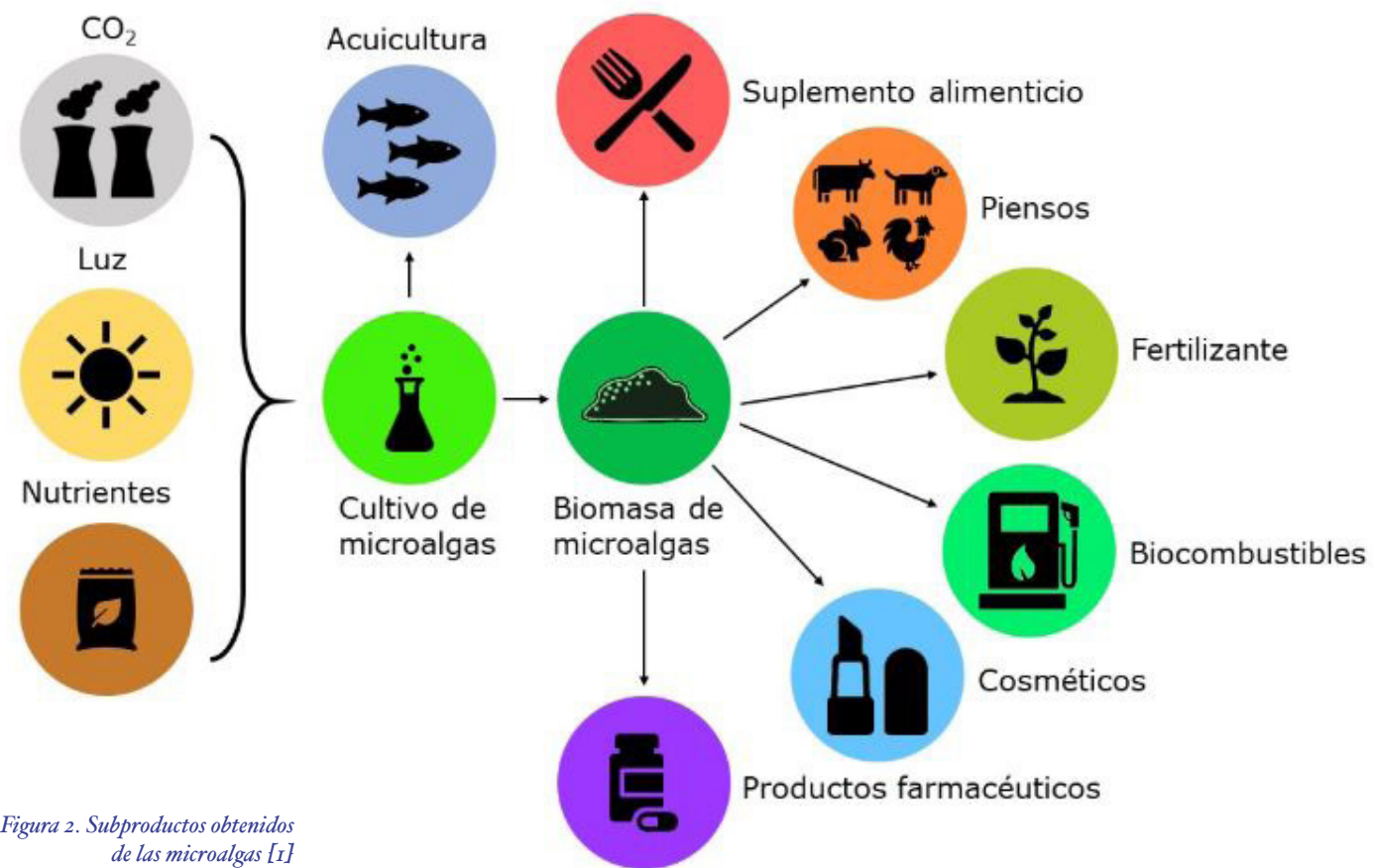
El agua es el recurso hídrico más utilizado y desafortunadamente, el más contaminado y poco tratado en México. Con lo anterior en mente, mi interés por el tratamiento de aguas me llevo a realizar una estancia en una planta de tratamiento, donde generaban su propia energía eléctrica a través de la digestión anaerobia de las bacterias resultantes del tratamiento, denominadas como



“lodos activados” o “biomasa”, obtenían biometano. Atraída por este proceso sustentable, inicié mis estudios de maestría en CINVESTAV-IPN en el departamento de Biotecnología y Bioingeniería, donde conocí el potencial de las microalgas y los productos que podían obtenerse a partir de ellas.

El proyecto con el que llevé a cabo mis estudios de posgrado se basó en el tratamiento de un desecho lácteo, proveniente de la obtención de queso (lactosuero), utilizando microalgas, bajo la dirección de la Doctora Rosa Olivia Cañizares

Villanueva y el Doctor Alfredo de Jesús Martínez Roldán, ambos con un amplio conocimiento de la biotecnología de microalgas. Mi proyecto tuvo un doble propósito, obtener biomasa de microalgas y el tratamiento del lactosuero, desecho rico en nitrógeno y fósforo. Los resultados de este trabajo fueron positivos para el tratamiento del residuo. El análisis de la biomasa mostró que el uso del lactosuero promovió en las microalgas la acumulación de aceites y proteínas teniendo una aplicación en la alimentación animal y de igual manera carotenos de interés industrial. La caracterización de la biomasa de microalgas puede abrir un panorama para la obtención de bienes o servicios que pueden aminorar el impacto ambiental de los procesos convencionales. Como hemos visto, las microalgas tienen un amplio campo de aplicación por los subproductos que son capaces de acumular y su facilidad para crecer en aguas residuales. Estos microorganismos a pesar de sus virtudes, el desarrollo de procesos aún presenta limitaciones en los rendimientos necesarios para competir con los procesos industriales convencionales, sin embargo, existen



casos de éxito y el continuo desarrollo de investigaciones, ayudará a eliminar los cuellos de botella en los procesos, permitiendo contribuir de manera positiva a procesos sustentables y encaminados a una economía circular. [ibio](#)

Referencias

- [1] Del Olmo Berenguer, G. (2018). Las microalgas, una solución verde. <http://divulga-medioambiente.blogspot.com/2018/10/las-microalgas-una-solucion-verde.html>
- [2] Santos, A. M., González-Arechavala, Y., Martín-Sastre, C. (2014). Uso y aplicaciones potenciales de las microalgas. *Anales de Mecánica y Electricidad*, 20-28. https://www.iit.comillas.edu/documentacion/IIT-14-027A/Uso_y_aplicaciones_potenciales_de_las_microalgas.pdf
- [3] González Céspedes, A. (2015). ¿Qué son las microalgas? Interés y uso. *Fichas de transferencia*, 11. <https://www.cajamar.es/storage/documents/microalgas-1444391623-ca345.pdf>

Caminando con biotecnología

Francisco Morales Godos¹

Adrián Chávez Sánchez²

1. Springfield Biotech.

fmgodos@springfield-biotech.com

2. Instituto Politécnico Nacional

adriancso94@gmail.com

La biotecnología es una ciencia multidisciplinaria que ha tenido mayor reconocimiento dentro de los ámbitos farmacéutico, clínico y de investigación, sin embargo, la realidad es que esta multidisciplinaria aporta en diversas áreas del conocimiento y sectores de desarrollo, permitiendo a sus egresados contar con varias opciones de desempeño durante la búsqueda de empleo. A pesar de que actualmente las áreas mencionadas están mejor definidas, aún no son claras para aquellos que inician una trayectoria profesional. Una de las herramientas que, en ciertas ocasiones ayuda a visualizar estas múltiples salidas laborales, es conocer la trayectoria y experiencia de diferentes colegas.

En esta ocasión presentamos al M. en C. Francisco Morales Godos, Ingeniero Biotecnólogo egresado de la UPIBI-IPN. Inició su vida laboral en la Comisión Federal de Electricidad (CFE), realizando estudios de factibilidad para la generación de electricidad a partir del gas metano que se obtiene de la biodigestión de residuos orgánicos en rellenos sanitarios; este primero empleo lo conoció a través de compañeros de Ingeniería Ambiental de la misma UPIBI, lo que nos recuerda la importancia del Networking en el ámbito laboral. Francisco más tarde se incorporó a la SEP, donde laboró como dictaminador de proyectos para la habilitación de cuerpos académicos y de investigadores en Universidades de nuestro país. Su función en este trabajo fue la de evaluar la viabilidad de los proyectos con el apoyo de pares académicos y la de formalizar los apoyos. Importante es mencionar que al tiempo que desempeñaba esta labor también estudió la Maestría en Ciencias en Bioprocesos, para lo cual pidió permiso a la SEP y buscó la aprobación de su tutor de maestría en la UPIBI-IPN para desempeñar ambas actividades al mismo tiempo; esto nos re-

cuerda lo importante que es no quedarse callado y gestionar con las personas adecuadas nuestras intenciones de desarrollo.

Francisco más tarde trabajó como Ingeniero de Proyectos y Dictaminador Especializado en la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) evaluando solicitudes de importación de productos Farmacéuticos, Biológicos y Biotecnológicos en la Dirección de Comercio Internacional y luego autorizaciones de registros sanitarios de medicamentos (autorizaciones de venta en México) en la Dirección Ejecutiva de Autorizaciones de Productos y Establecimientos. Para llegar al mercado mexicano los diversos medicamentos deben cumplir antes con los criterios de seguridad, calidad y eficacia que establecen la COFEPRIS y las diversas normas, acuerdos y reglamentos nacionales. Francisco atribuye su llegada a la COFEPRIS a su habilitación académica en el área de la biotecnología y al conocimiento de diversas regulaciones en materia sanitaria. Tiempo más adelante se desarrolló enteramente en la industria privada, para compañías farmacéuticas y farmacéuticas.

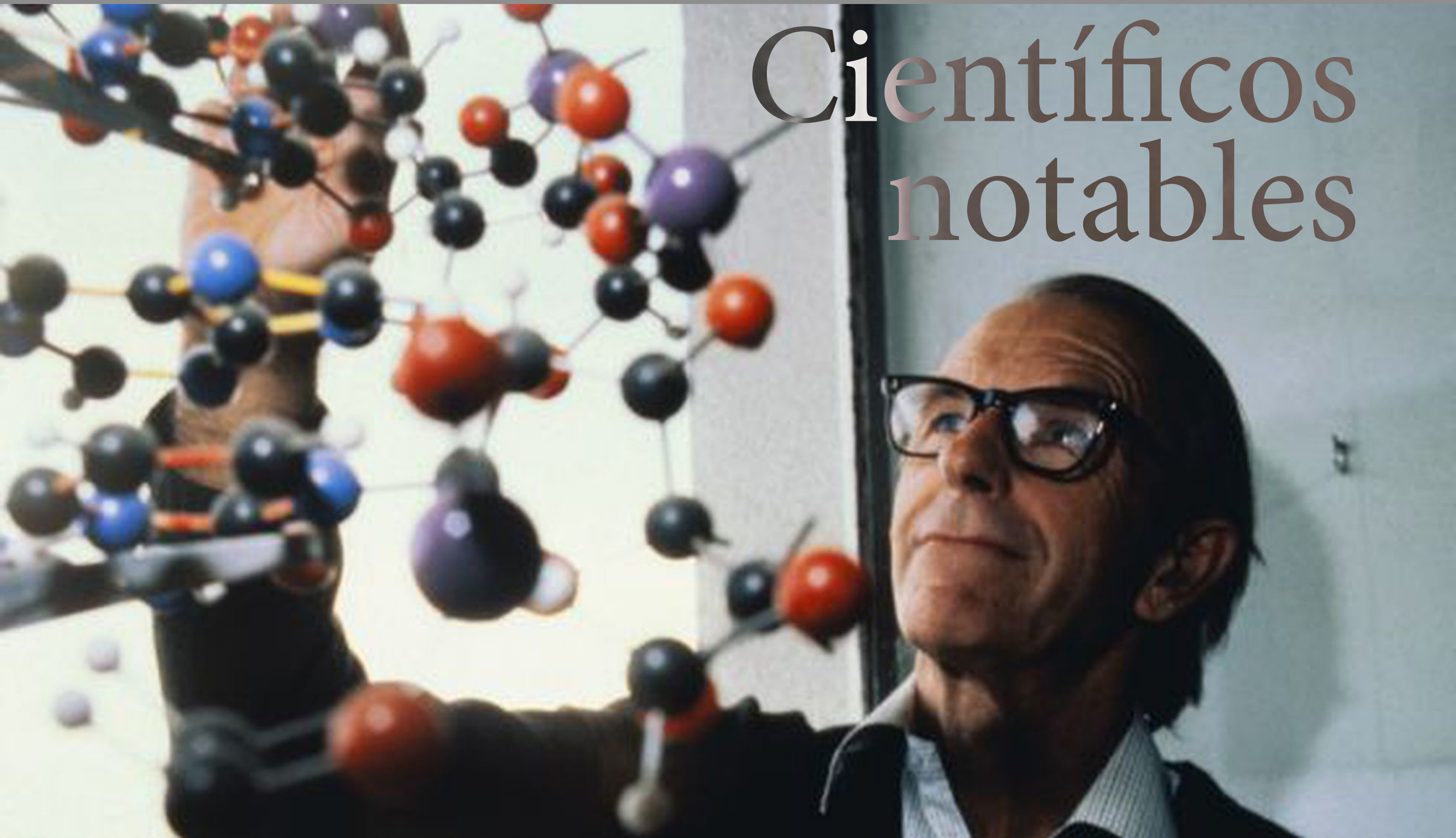
Con su interés en ganar experiencia directiva, limitante para ciertas posiciones en el sector privado, empieza a ofrecer servicios de consultoría de manera externa e independiente, adquiriendo clientes internacionales que lo ayudaron a seguir su camino como Consultor, es así que, desde 2014, ofrece servicios como Consultor Independiente, logrando ampliar sus servicios al desarrollo y ejecución de proyectos de Ingeniería en Springfield Biotech (www.springfield-biotech.com). Francisco y su empresa realizan actividades en temas de ingeniería y regulatorios, ayudando a otras empresas nacionales y extranjeras a que sus productos lleguen al mercado mexicano.



La historia de Francisco nos permite visualizar un sector más donde participan la biotecnología y los egresados de esta área, apoyando a diversas empresas a que cumplan con los criterios de seguridad, calidad y eficacia que demanda la regulación mexicana para que sus productos lleguen y se mantengan en el mercado. Para construir este perfil se requiere complementar el conocimiento técnico de la biotecnología con el conocimiento

de la Regulación Sanitaria. Esta es una opción más que, fuera del campo de la investigación, nos permite crear un trabajo flexible donde tú decides cómo y cuándo realizar tus actividades. [iBio](#)

Científicos notables



Frederick Sanger: La secuenciación del alfabeto de la vida

Vida y aportes de Sanger a la genómica

Sin duda, estamos viviendo en una era digital llena de abundantes fuentes de información, con múltiples bancos de bases de datos, que albergan una exhaustiva colección de las secuencias de nucleótidos de decenas de miles de organismos. La comunidad científica aprovecha estas herramientas para generar nuevo conocimiento que lleve a una mejor comprensión de los procesos biológicos que subyacen, tanto en la salud como en enfermedades y, de esta forma, conquistar el campo de la medicina personalizada. Claro, solo por mencionar algunos ejemplos, puesto que no podemos dejar de lado a la industria agropecuaria, agroalimentaria, medioambiental, entre otras [1]. La gran cantidad de secuencias genómicas disponibles en las bases de datos se debe en gran parte, al uso progresivo de tecnologías de secuenciación masiva que han permitido aumentar el rendimiento, la velocidad, así como disminuir relativamente los costes. Sin embargo, llegar hasta aquí requirió de aportes científicos, tales como el descubrimiento de la estructura de la doble hélice del ADN, por James Watson y Francis Crick en 1953 [3]; el desarrollo de la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), por Kary Mullis en 1983 [2]; y sobre todo, los aportes de uno de los pocos científicos en haber obtenido dos Premios Nobel: uno en 1958 por determinar la secuencia química de la insulina y otro en 1980 por sus técnicas de secuenciación de los elementos que componen el ADN. Se trata del bioquímico británico Frederick Sanger, el hombre que convirtió los genes en secuencias [7].

La vida de Sanger

Sanger nació el 13 de agosto de 1918 en Rendcomb, Gloucestershire, Inglaterra. Hijo de médi-

Jordi Humberto Reyes Comonfort
Universidad Politécnica del Valle de México.
jordi.jhrc@gmail.com

co y descendiente de ricos industriales, estudió en Cambridge y quedó huérfano al empezar la carrera. Sin embargo, logró obtener su título de Licenciado en Ciencias Naturales en 1939. La herencia familiar le facilitó el acceso a los programas doctorales del Instituto Dunn de Bioquímica [7]. Luego de ganar su primer premio nobel, Sanger se ganó la admiración y el interés de los biólogos moleculares de Reino Unido, por lo que tiempo después, Crick sugirió al premio nobel (Sanger) que se uniera al proyecto de determinar los mecanismos por los que el ADN sintetizaba proteínas mediante el llamado código genético. Sanger aceptó la oferta y en 1962 se trasladó al Laboratorio de Biología Molecular de Cambridge. Ahí, Sanger trabajó inicialmente en ARN hasta que en 1975 desarrolló el ahora conocido método de secuenciación de ADN de Sanger. Dos años más tarde empleó esta técnica para secuenciar el genoma del bacteriófago Φ -X174, el primer organismo del que se secuenció totalmente el genoma [4]. Estas investigaciones le dieron los méritos suficientes para ser galardonado nuevamente con otro premio Nobel de Química en 1980 [5]. Sanger se jubiló en 1983 y a partir de entonces, asistió a los primeros debates para secuenciar el genoma humano. Una vez establecidas las técnicas, consideró que era labor de otras personas aplicarlas a grandes moléculas de ADN. Así, mientras sus métodos se automatizan y el Proyecto Genoma Humano arrancaba en 1990, Sanger se dedicó a la jardinería y permaneció ajeno a los egos y rivalidades que se multiplicaron a lo largo de esa década, hasta que finalmente murió el 19 de noviembre de 2013 [7].

El método de secuenciación de Sanger

Gracias a los aportes de Watson y Crick sabemos que la molécula del ADN está compuesta por dos hebras helicoidales, cada una siguiendo una secuencia de nucleótidos: adenina (A), timina (T), citocina (C) guanina (G), y formando parejas (pares de bases) de C-G y A-T entre las dos hélices [3]. La secuenciación de los ácidos nucleicos, tal como podemos inferir, consiste en determinar el orden de estos cuatro componentes básicos químicos del ADN, y de esta forma lograr o al menos tratar de entender, de un alfabeto de tan solo cuatro letras, la sintaxis de los procesos de la vida.

En tanto, la secuenciación de Sanger se basa en la polimerización de una hebra complementaria del ADN de interés y el uso de dideoxynucleótidos (ddATP, ddGTP, ddCTP y ddTTP) que sirven como terminadores de la reacción, diseñados para que carezcan del grupo 3'-OH, que permite la adición del nucleótido consecutivo, logrando que cuando uno de ellos es incorporado por la polimerasa se interrumpa la síntesis de la nueva hebra. Esto lleva a que se obtengan fragmentos secuenciados de diferente tamaño, y con ayuda de una simple electroforesis en un gel de poliacrilamida se separan las cadenas por su peso molecular [4].

El método de secuenciación de Sanger se lleva a cabo manualmente, sin ayuda de ningún automatismo, pero este fue tan innovador e importante que, a pesar del surgimiento de los nuevos métodos de secuenciación, el diagnóstico genético, una de las principales aplicaciones de la genómica, se sigue realizando con métodos clásicos [4].

Referencias

- [1] Cañedo Andalia, R., Rodríguez Labrada, R., & Vázquez Mojena, Y. (2009). Centro Nacional para la Información Biotecnológica de los Estados Unidos: un palacio de la información para la medicina molecular. *Acimed*, 19(4), 0-0.
- [2] Carranza, L. A. S., Santacruz, F. E. M., & Villegas, J. A. C. (2020). La PCR como prueba para confirmar casos vigentes de COVID-19. *Recimundo*, 4(2), 64-74.
- [3] Giraldo, R. (2003). 50 años del descubrimiento de la doble hélice del ADN. *Razón y fe*, 248(1259-1260), 185-195.
- [4] Martín, J. M. V., Ortigosa, F., & Pendon, R. A. C. (2020). Métodos de secuenciación de ácidos nucleicos: Primera generación. *Encuentros en la Biología*, 13(173), 19-25.
- [5] Municio, A. M. (1959). El Premio Nobel de Química. *Arbor*, 43(157), 84.
- [6] Qin, J., Li, R., Raes, J., Arumugam, M., Burgdorf, K. S., Manichanh, C., ... & Wang, J. (2010). A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing. *Nature*, 464(7285), 59-65.
- [7] Sancho, M. G. (2014). Frederick Sanger: el hombre que convirtió los genes en secuencias. *Encuentros en la Biología*, 7(149), 101-104.

