



Biotecnológica[®]

Magazine

Revista en línea de divulgación biotecnológica

Propóleo: Un Tesoro Natural de las Abejas en Peligro

MARCOS DELGADO RIOS* , NORMA PATRICIA SILVA-BELTRÁN

Vol. 2, Número 6

Noviembre- Diciembre 2024
www.biotmagazine.com



BIOTECNOLÓGICA MAGAZINE® año 2024, Vol. 2, No. 6, noviembre-diciembre, es una publicación de divulgación, bimestral, editada por: Dra. Norma Y. Hernández Saavedra. <http://biotmagazine.com>, biotecnologicamagazine@gmail.com. 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: 2992-863X; 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 Editor ni del Consejo Editorial Fundador. Queda prohibida la reproducción total o parcial del contenido por cualquier medio sin la autorización expresa del Consejo Editorial Fundador.

Crédito Fotografía Portada: Kavit de pixabay

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

Biotechnology 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.

Biotechnology Magazine publica artículos en el campo de la biotecnología y ciencias afines. Publica editoriales (mensaje de el o los editores), artículos, notas cortas, 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



Biotechnology Magazine

EDITORIA

Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra

CONSEJO EDITORIAL FUNDADOR

Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra

Dr. Felipe Ascencio Valle

Dra. Crisalejandra Rivera Pérez

EDITOR EJECUTIVO

Dra. Crisalejandra Rivera Pérez

EDITORES ASOCIADOS

Dra. Ana G. Reyes Alvarado - Biotecnología agrícola e industrial.

Dr. Fausto Valenzuela Quiñonez - Bioinformática

Dr. Gerzaín Avilés Polanco - Biotecnología+Sociedad+Economía+Gobernanza.

Dra. María Goretty Caamal Chan - Biotecnología ambiental.

Dra. Martha Patricia Hernández Cortés - Biotecnología de alimentos-educación

biotechnologicamagazine@gmail.com

www.biotmagazine.com

Facebook @biotechnologicamagazine

Instagram biotechnologicamagazine

Threads biotechnologicamagazine

ÍNDICE

VI EDITORIAL

1 *Kefir: El superalimento probiotico ancestral que promueve el envejecimiento saludable*

Felipe Ascencio

11 *Propóleo: Un Tesoro Natural de las Abejas en Peligro*

Marcos Delgado Rios* , Norma Patricia Silva-Beltrán

16 *¿Pueden ser las microalgas un alimento para humanos?*

Juan Pablo Garcia-Encinas, Carmen Lizette Del Toro-Sánchez, Saúl Ruíz-Cruz, Josué Elías Juárez-Onofre y Enrique Márquez-Ríos*

21 *Ácido Alfa Lipoico, una molécula clave en el metabolismo de los mamíferos*

Norma Y. Hernández Saavedra

33 *Ménage à trois*

Arturo Sánchez Paz

40 *La difícil carrera de ser investigador: ¿Qué pasa con los nuevos investigadores en carreras científicas?*

Felipe Ascencio

Infografías

45 *Tirosinasa*

José Antonio ceja Flores, María Zulema Juárez Cortés, César Salvador Cardona Félix

46 *Thermococcus gammatolerans*

Daniel Luque Flores, María Zulema Juárez Cortés, César Salvador Cardona Félix,

47 *El ciclo lítico*

Carlos Y. Galaviz-Hernández, Claudia Yañez, María Zulema Juárez Cortés, César S. Cardona Félix.

EDITORIAL

Estimad@s Lector@s,

En el número Noviembre-Diciembre de *Biotechnológica Magazine* (Vol. 2 No. 6, exploramos cómo los avances en biotecnología y el conocimiento de los recursos naturales están transformando nuestra relación con la salud, la alimentación y el medio ambiente. Desde alimentos funcionales hasta las complejidades de la vida científica, esta edición invita a reflexionar sobre las maravillas y los desafíos del mundo biotecnológico.

Comenzamos con el **kéfir**, una joya probiótica ancestral que no solo nutre, sino que regula nuestra microbiota intestinal y promueve el envejecimiento saludable. Este superalimento es un testimonio del poder de la simbiosis entre microorganismos y humanos, con beneficios que abarcan desde mejorar la digestión hasta combatir enfermedades crónicas.

En la misma línea, destacamos el **propóleo**, una sustancia producida por las abejas con propiedades medicinales asombrosas. Sin embargo, este tesoro natural enfrenta amenazas crecientes debido a la contaminación y el deterioro ambiental. Reflexionar sobre su conservación es tan crucial como explorar sus aplicaciones.

Las **microalgas** surgen como un alimento del futuro, ofreciendo soluciones sostenibles a la crisis alimentaria global. Su perfil nutricional rico en proteínas y compuestos bioactivos las posiciona como una opción prometedora para satisfacer las necesidades humanas en un planeta en constante transformación.

El **ácido alfa lipoico** nos recuerda cómo las moléculas naturales pueden inspirar soluciones tecnológicas innovadoras. Este antioxidante multifuncional combina aplicaciones en salud y sostenibilidad, demostrando el valor del enfoque biotecnológico en la creación de productos más respetuosos con el medio ambiente.

En nuestra sección filosófica, reflexionamos sobre la evolución humana como un ménage à trois entre organismos, ambiente y selección natural. Esta perspectiva resalta la importancia de nuestra interdependencia con otras formas de vida.

Finalmente, abordamos los **desafíos de la carrera científica** en La difícil carrera de ser investigador. Lejos de ser un camino sencillo, la ciencia es una vocación que exige resiliencia y pasión, pero también es una de las labores más gratificantes y transformadoras de nuestra sociedad.

Cada artículo en esta edición refuerza el mensaje de que la biotecnología y la reflexión científica son claves para construir un futuro más saludable, sostenible y consciente.

¡Gracias por acompañarnos en este viaje de descubrimiento!

¡Disfruten la lectura!

Consejo Editorial Fundador

Kefir: El superalimento probiótico ancestral que promueve el envejecimiento saludable

Felipe Ascencio

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
ascencio@cibnor.mx

Tema: El kéfir es una bebida fermentada con probióticos reconocidos que coexisten en asociación simbiótica con otros microorganismos en los granos de kéfir. El consumo de kéfir se asocia con una amplia gama de beneficios nutracéuticos, incluidos efectos anti-inflamatorios, anti-oxidantes, anti-cancerígenos, anti-microbianos, anti-diabéticos, control de la glucosa plasmática, anti-hipertensivos, anti-hipercolesterolémicos, y mejorar la digestión y tolerancia a la lactosa. El kéfir se puede adaptar a diferentes sustratos que permiten la producción de nuevas bebidas funcionales para proporcionar diversificación de productos. Teniendo en cuenta el papel sustancial de la microbiota intestinal en la salud humana y la etiología de varias enfermedades, es que se han puesto en evidencia la influencia reguladora de los compuestos bioactivos presentes en el kéfir sobre la microbiota intestinal y su potencial para promover una salud óptima. Adicionalmente, se han evidenciado excelentes propiedades nutricionales del kéfir como un depósito central de compuestos bioactivos que abarcan micronutrientes y aminoácidos, y delinea sus efectos reguladores en ingestas deficientes, adecuadas y supranutricionales sobre la microbiota intestinal y sus consecuencias fisiológicas más amplias en el organismo.

1. Introducción

El kéfir tradicional, que tiene su origen en las montañas del Cáucaso, es una bebida láctea fermentada con una textura cremosa, un sabor ácido y una efervescencia sutil. Se produce añadiendo a la leche un cultivo iniciador denominado “granos de kéfir”. Los granos de kéfir están compuestos por levaduras simbióticas que fermentan la lactosa (p. ej., *Kluyveromyces marxianus*) y levaduras que no fermentan la lactosa (p. ej., *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces unisporus*), así como bacterias productoras de ácido láctico y acético, alojadas dentro de una matriz de polisacáridos y proteínas llamada kefiran. Los ácidos lácticos, los componentes que generan sabor (p. ej., acetaldehído), el etanol y el dióxido de carbono son todos subproductos de la fermentación y

contribuyen a las propiedades organolépticas del kéfir. También existe una versión sin lácteos del kéfir, llamada kéfir de agua, que es una bebida fermentada hecha de agua, azúcar y granos de kéfir de agua, que contiene bacterias y levaduras, aunque diferentes a los cultivos iniciadores de kéfir tradicionales (Dimidi et al., 2019).

2. Microbiología del Kefir

Composición microbiológica del kéfir. La microbiota presente en el kéfir y sus granos incluye numerosas especies bacterianas de los grupos ácido láctico y ácido acético, levaduras y hongos filamentosos, que desarrollan asociaciones simbióticas complejas. En esta relación, las levaduras producen vitaminas, aminoácidos y otros factores de crecimiento esenciales que son importantes para las bacte -

rias. Asimismo, los productos metabólicos de las bacterias se utilizan como fuente de energía para las levaduras. Esta simbiosis permite el mantenimiento de la estabilidad, de modo que durante todo el ciclo de fermentación, el perfil microbiológico de los granos de kéfir y del kéfir permanece inalterado, a pesar de las variaciones en la calidad de la leche, la contaminación microbiana, la presencia de antibióticos y otras sustancias inhibidoras (Rosa et al., 2017).

La diversidad microbiana del kéfir descrita en la literatura varía enormemente. En nuestra revisión, presentamos una descripción completa de las bacterias y levaduras que se han identificado en el kéfir hasta la fecha (Tabla 1). Se estima que el número de especies microbianas diferentes en el kéfir es más de 300. La composición microbiana del kéfir también varía según el medio de cultivo microbiológico, el origen de los granos de kéfir, las diferentes técnicas empleadas durante el procesamiento, las diferentes temperaturas ambiente, el tipo y la composición de la leche utilizada, las condiciones de almacenamiento del kéfir y los granos de kéfir. Además, la cantidad de grano añadido a la leche, la agitación y la temperatura de incubación pueden influir en el grado de acidificación y, en consecuencia, en la composición microbiológica de la leche fermentada final (Rosa et al., 2017).

El papel de los microorganismos del kéfir en el ensamblaje de los granos. Los granos de kéfir tienen una forma similar a la coliflor. Son elásticos, irregulares, gelatinosos, de color marfil o blanco, y de tamaño variable, de 0.3 a 3.5 cm de diámetro (Fig. 1). En general, el grano

de kéfir está compuesto por 4.4% de grasa, 12.1% de cenizas, 45.7% de mucopolisacáridos, 34.3% de proteínas totales (27% insolubles, 1.6% solubles y 5.6% de aminoácidos libres), vitaminas B y potasio, triptófano, calcio, fósforo y magnesio.

En los granos de kéfir, la porción periférica está compuesta casi exclusivamente de bacterias, predominantemente *Bacillus*, mientras que la porción interna del grano contiene levaduras, y la interfaz de las porciones interna y externa tiene una composición mixta, donde se encuentran bacterias con largos filamentos de polisacáridos, levaduras y hongos (Rosa et al., 2017). El grano de kéfir se considera un ejemplo de una comunidad simbiótica donde las BAL, las levaduras y los AAB cohabitan en un equilibrio específico. El equilibrio simbiótico entre los microorganismos del kéfir se evidencia por la producción de biomasa durante la fermentación, ya que el incremento de peso de los granos es una consecuencia del crecimiento de los microorganismos y la biosíntesis de la proteína matriz y los polisacáridos. Los granos de kéfir podrían considerarse una biopelícula, por lo que se requieren diferentes pasos para su formación, incluidas las interacciones célula-célula y el desarrollo de una estructura extracelular compleja que comprende microorganismos en una asociación estable. Las propiedades de agregación de las cepas de *L. kefir* y su capacidad para coagregarse con *Saccharomyces lipolytica* fueron mediadas por la actividad similar a la lectina de sus proteínas de superficie. Las proteínas de la de superficie de las cepas de *L. kefir* agregantes y no agregantes estaban todas glicosiladas; lo que

Tabla 1. Especies encontradas en la microbiota del kéfir y sus granos (Rosa et al., 2017)

	<p style="text-align: center;">Otras especies bacterianas</p>	<p style="text-align: center;">Levaduras</p>
<p>Lactobacilli</p> <p><i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Lactobacillus brevis</i> <i>Lactobacillus bulgaricus</i> <i>Lactobacillus casei</i> <i>Lactobacillus crispatus</i> <i>Lactobacillus delbrueckii</i> <i>Lactobacillus fermentum</i> <i>Lactobacillus fructivorans</i> <i>Lactobacillus gallinarum</i> <i>Lactobacillus gasseri</i> <i>Lactobacillus helveticus</i> <i>Lactobacillus hilgardii</i> <i>Lactobacillus kefir</i> <i>Lactobacillus kefirianofaciens</i> <i>Lactobacillus kefirgranum</i> <i>Lactobacillus mesenteroides</i> <i>Lactobacillus paracasei</i> <i>Lactobacillus parakefiri</i> <i>Lactobacillus reuteri</i> <i>Lactobacillus reuteri</i> <i>Lactobacillus rhamnosus</i> <i>Lactobacillus viridescens</i></p> <p>Lactococci</p> <p><i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> <i>biovar diacetylactis</i></p> <p>Streptococci</p> <p><i>Streptococcus cremoris</i> <i>Streptococcus durans</i> <i>Streptococcus faecalis</i> <i>Streptococcus thermophilus</i></p> <p>Acetic acid bacteria</p> <p><i>Acetobacter aceti</i> <i>Acetobacter lovaniensis</i> <i>Acetobacter syzgjii</i></p>	<p><i>Bacillus</i> sp. <i>Bifidobacterium bifidum</i> <i>Enterococcus durans</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Micrococcus</i> sp. <i>Leuconostoc mesenteroids</i> <i>Pediococcus acidilactici</i> <i>Pediococcus dextrinicus</i> <i>Pediococcus pentosaceus</i></p>	<p><i>Brettanomyces anomalus</i> <i>Candida albicans</i> <i>Candida friedricchi</i> <i>Candida lipolytica</i> <i>Candida holmii</i> <i>Candida inconspicua</i> <i>Candida kefir</i> Wyder <i>Candida krusei</i> <i>Candida lambica</i> <i>Candida maris</i> <i>Candida pseudotropicalis</i> <i>Candida tannotelerans</i> <i>Candida tenuis</i> <i>Candida valida</i> <i>Cryptococcus humicolus</i> <i>Debaryomyces hansenii</i> <i>Issatchenkia occidentalis</i> <i>Kazachstania aerobia</i> <i>Kluyveromyces lactis</i> <i>Kluyveromyces marxianus</i> <i>Kluyveromyces lactis</i> <i>Lachancea meyersii</i> <i>Pichia fermentas</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Saccharomyces delbruecki</i> <i>Saccharomyces exiguus</i> <i>Saccharomyces fragilis</i> <i>Saccharomyces humaticus</i> <i>Saccharomyces lactis</i> <i>Saccharomyces lipolytic</i> <i>Saccharomyces turicensis</i> <i>Saccharomyces unisporus</i> <i>Torulopsis holmii</i> <i>Torulospora delbrueckii</i> <i>Zygosaccharomyces</i> sp. <i>Weissella</i> sp. <i>Yarrownia lipolytica</i></p>

sugiere que las propiedades de agregación de *L. kefir* se ven afectadas por la estructura de las glicoproteínas de la superficie. Las propiedades de la superficie celular, la autoagregación, la coagregación y la capacidad de formación de biopelículas de cuatro LAB y tres levaduras aisladas del kéfir, así como el análisis por microscopía electrónica de barrido, permitieron proponer una hipótesis para explicar la formación de granos de kéfir. Sugirieron un primer paso de agregación/coagregación de *L. kefir* y *Saccharomyces turicensis*. Luego, otros microorganismos (*L. kefir*, *K. marxianus* HY1 y *Pichia fermentans* HY3) se adhieren a la superficie de estos pequeños granos, lo que contribuye al aumento de la biopelícula hasta que se obtiene una microcolonia tridimensional. Los microorganismos inmersos en el grano de kéfir son responsables de la síntesis de los componentes extracelulares. Se ha sugerido que las proteínas de la leche están adheridas a la superficie del grano, pero no hay detalles disponibles sobre la estructura y la composición. Aunque se aplicaron muchos enfoques para conocer la dinámica de la población del kéfir, los granos no se pueden formar a partir de un cultivo puro y necesitan granos preexistentes para producirse, lo que indica que se necesita más investigación para comprender las interacciones de los microorganismos del kéfir y su papel en el ensamblaje del grano (Bengoa et al., 2018).

Macronutrientes y micronutrientes. El kéfir contiene altas concentraciones de vitaminas esenciales (>20%) como tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido pantoténico (B5), ácido fólico (B9), ácido ascórbico (C), retinol (A) y

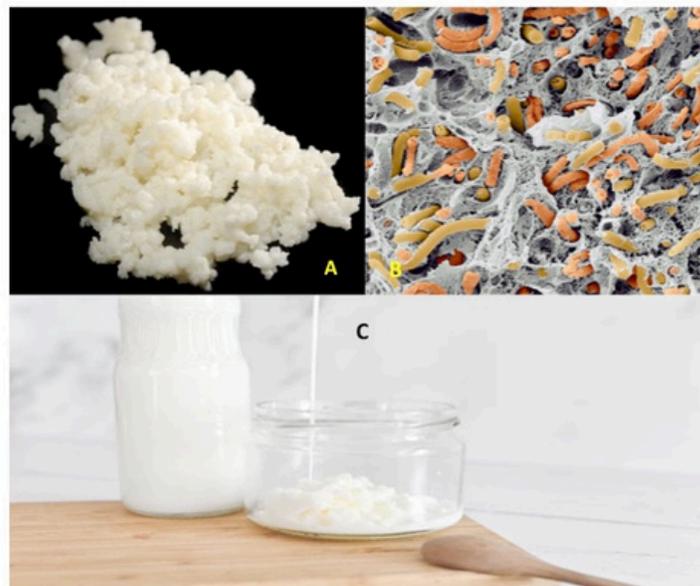


Figura 1. Microorganismos del kéfir en el ensamblaje de los granos. A).- Granos de kéfir. <https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/ingredientes-del-mundo/cultivos-de-kefir.html>; B.- Interior de un grano de kéfir, SEM. Imagen de un grano de kéfir fracturado por congelación con microscopio electrónico de barrido (SEM) con color mejorado, que muestra las bacterias y levaduras en su interior. Aumento: 7220x si la imagen se imprime con un ancho de 10 cm. (Crédito: SCIMAT / SCIENCE PHOTO LIBRARY <https://www.sciencephoto.com/media/709566/view/interior-of-a-kefir-grain-sem>); C).- Kéfir de leche. Mezcla de leche y gránulos de kéfir para la subsecuente fermentación.

filoquinona (K); aminoácidos esenciales (70–376 mg/100 g) como serina, treonina, alanina, lisina, valina, isoleucina, metionina, fenilalanina y triptófano; macroelementos como potasio (1.65%), calcio (0.86%), fósforo (1.45%) y magnesio (0,30%); y microelementos que incluyen zinc (92,7), cobre (7,32 mg/kg), hierro (20.3 mg/kg), manganeso (13.0 mg/kg), cobalto (0.16 mg/kg) y molibdeno (0.33 mg/kg), respectivamente.

También se ha detectado la presencia de alcaloides, fenoles, ésteres, ácidos grasos, esteroides (colesterol y ergosterol), polialquenos, compuestos heterocíclicos y aldehídos aromáticos. Muchos de estos compuestos tienen diferentes tasas de absorción en el cerebro y pueden ingresar tan rápidamente como la glucosa para afectar los procesos metabólicos. Por lo tanto, se sugiere que el kéfir ejerce control sobre la homeostasis del organismo a través de un impacto directo en el eje intestino-cerebro (Apalowo et al., 2024).

Diferencias y similitudes entre kéfir y yogur. El kéfir se diferencia de otros productos fermentados por la característica particular de su iniciador: los granos de kéfir. El yogur y el kéfir, ambos productos lácteos fermentados, tienen una larga historia y características únicas que los distinguen. El yogur tiene un sabor ácido y una textura cremosa que requiere una cuchara para consumirlo. En contraste, el kéfir es una bebida viscosa con un sabor ácido más pronunciado. Tanto el yogur como el kéfir ofrecen una gran cantidad de nutrientes y cepas bacterianas beneficiosas, lo que los convierte en opciones atractivas para los consumidores conscientes de la salud. El yogur y el kéfir son productos lácteos fermentados que brindan una rica fuente de nutrientes esenciales como proteínas, vitaminas y minerales y también cuentan con la presencia de cultivos vivos y activos beneficiosos. El kéfir es más potente que el yogur y tiene la capacidad de permanecer en el intestino para curarse y atacar a los patógenos. Estos cultivos contribuyen a la salud digestiva y pueden ofrecer beneficios adicionales para la salud.

Tanto el yogur como el kéfir son increíblemente versátiles y se integran perfectamente en una variedad de comidas y refrigerios. Su versatilidad permite una fácil incorporación a una dieta equilibrada, lo que promueve la salud y el bienestar general (Burdeos 2024).

Tabla 2. Diferencias y similitudes entre kéfir y yogur (<https://lactosa.org/los-7-beneficios-del-kefir/>).

Yogurt	Kefir
Naturaleza de las cepas	
Proviene de cepas termófilas y deben calentarse para activarse en un fabricante de yogur.	Proviene únicamente de cepas mesofílicas, que se cultivan a temperatura ambiente y no requieren ningún calentamiento.
Microorganismos Probióticos	
Contiene de dos a siete tipos de probióticos, buenas cepas de bacterias.	Contiene 10–34 cepas de probióticos, así como numerosas cepas de levadura beneficiosas.
Actividad probiótica	
Contiene bacterias transitorias para ayudar a limpiar y forrar el intestino, dando alimento a las bacterias beneficiosas. Entran y no se quedan.	Las bacterias pueden adherirse a las paredes y colonizar para permanecer y regular. También son de naturaleza agresiva y en realidad pueden salir y atacar patógenos y bacterias malas en el intestino.
Producción y Sabor	
Se prepara calentando la leche y agregando un iniciador de bacterias en forma de polvo. Luego puedes extraer una variedad madre y usarla para hacer más lotes de yogur.	Está hecho de granos de kéfir, que en realidad son grupos de bacterias y levaduras que se agregan a la leche a temperatura ambiente, luego se filtran y se usan para otro lote dentro de las 24 horas.
Es más espeso y más suave y depende del iniciador que uno utiliza para hacer el yogur. Puedes colarlo más para hacerlo más espeso, como el yogur griego.	Es generalmente más delgado y se vende como bebida. El kéfir tiende a ser más ácido que el yogur y tiene un ligero sabor a suero de leche con un toque de levadura.

3. El kéfir en la salud

En las últimas décadas se ha observado un cambio epidemiológico global, caracterizado por un aumento de los trastornos relacionados con la edad, en particular las enfermedades crónicas no transmisibles, como la diabetes mellitus tipo 2, las enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas y el cáncer. Se ha reconocido un vínculo causal apreciable entre los cambios en la microbiota intestinal y la aparición de estas enfermedades, lo que ofrece una vía para un tratamiento eficaz.

Tabla 3. El kéfir en la salud (Dimidi et al., 2019).

Enfermedad	Beneficios del Kefir
Disfunción gastrointestinal	
Intolerancia a la lactosa	<p>Contiene levaduras que expresan β-galactosidasa (<i>Kluyveromyces marxianus</i>), que hidroliza la lactosa, reduciendo así las concentraciones de lactosa en la leche.</p> <p>Produce una menor gravedad de flatulencia que la leche normal.</p>
Estreñimiento	<p>El consumo por mas de 12 días permite que personas con estreñimiento no requieran tomar ningún laxante.</p> <p>Aumenta la frecuencia de las deposiciones, mejoran la puntuación de satisfacción intestinal y reduce el tiempo de tránsito intestinal.</p> <p>Produce un aumento mayor de la concentración de <i>Lactobacillus</i> en heces y de la concentración de hemoglobina en sangre en pacientes con enfermedad de Crohn.</p>
Infección por <i>Helicobacter pylori</i>	<p>La tasa de erradicación en pacientes con dispepsia e infección por <i>H. pylori</i> (que esta tratandose con una terapia triple de antibióticos) es mucho mayor en personas que consumen kéfir como terapia complementaria.</p> <p>De igual manera, la aparición de diarrea, dolor abdominal y náuseas también es mucho menor si se consume kéfir.</p>
Sistema inmune y Cancer	
Sistema inmune	<p>Contiene muchos compuestos y nutrientes, como la biotina y el folato, que ayudan a poner en marcha su sistema inmunológico y proteger sus células.</p> <p>Contiene grandes cantidades de probióticos que ayuda a defenderse contra bacterias dañinas.</p> <p>Contiene bacterias que producen un polisacárido insoluble llamado kefiran que tiene propiedades antimicrobianas.</p> <p>Los microorganismos presentes en el kéfir ayudan al sistema inmunológico a suprimir naturalmente las reacciones alérgicas y a cambiar la respuesta del cuerpo a los puntos de brotes sistémicos para las alergias.</p>
Cancer	<p>Los beneficios de Kéfir en la lucha contra el cáncer se deben a su gran función anticancerígena dentro del cuerpo.</p> <p>Contiene compuestos bioactivos que ayudan a matar las células cancerosas en el estómago y mamas.</p> <p>Puede retardar el crecimiento de tumores tempranos y sus conversiones enzimáticas de no-carcinogénicas a carcinogénicas.</p>
Enfermedades de la piel y sistema osseo	
Osteoporosis	<p>Contiene compuestos bioactivos que ayudan a absorber el calcio en el cuerpo y detienen la degeneración ósea.</p> <p>Contiene vitamina K2, que es vital para mejorar la absorción de calcio, así como la salud y la densidad de los huesos.</p>

El kéfir, un alimento fermentado enriquecido con probióticos, ha ganado importancia en este contexto debido a su prometedor recurso para el desarrollo de formulaciones alimentarias funcionales o de valor añadido y su capacidad para remodelar la composición microbiana intestinal. Esto ha provocado un creciente interés comercial en todo el mundo, ya que presenta una bebida natural repleta de microbios que promueven la salud y varios compuestos bioactivos (Apalowo et al., 2024). Además de contener una cantidad concentrada de varios nutrientes clave, también se ha demostrado que el kéfir estimula la inmunidad, fortalece los huesos, promueve la salud digestiva, reduce las alergias, sana la piel y más. El efecto integrador del kéfir sobre las bacterias y la flora en el intestino tiene un impacto sistémico y puede mejorar enormemente sus problemas digestivos y tolerancia a la lactosa, alergias, efecto antibacteriano, efecto hipocolesterolémico, control de la glucosa plasmática, efecto antihipertensivo, efecto antiinflamatorio, actividad antioxidante, actividad anticancerígena (Rosa et al., 2017).

4. Mecanismos a través de los cuales los alimentos fermentados pueden ejercer efectos beneficiosos en la salud y la enfermedad:

1. Contienen microorganismos potencialmente probióticos, como las bacterias del ácido láctico. Los microorganismos de los alimentos fermentados pueden llegar al tracto gastrointestinal, y su presencia en el intestino parece ser transitoria. No obstante, estos microorganismos aún pueden tener el potencial de ejercer un beneficio fisiológico en el intestino, a través de la competencia con bacterias patógenas y la producción de subproductos de fermentación inmunorreguladores y neurogénicos.
2. Los metabolitos derivados de la fermentación pueden ejercer beneficios para la salud. Por ejemplo, las bacterias del ácido láctico generan péptidos bioactivos y poliaminas con posibles efectos sobre la salud cardiovascular, inmunológica y metabólica.
3. La fermentación puede convertir ciertos compuestos en metabolitos biológicamente activos. Por ejemplo, las bacterias del ácido láctico pueden convertir compuestos fenólicos

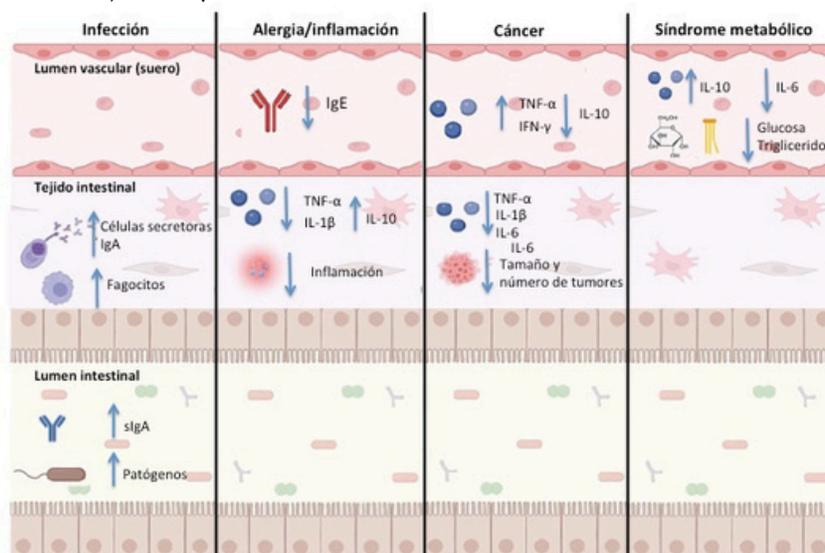


Figura 2. Efectos de la administración de kéfir sobre la fisiología inmunológica y metabólica en modelos de roedores. Ig: inmunoglobulina; TNF: factor de necrosis tumoral; IL: interleucina (Culpepper, 2022).

(como los flavonoides) en metabolitos biológicamente activos.

4. Los componentes alimentarios que se encuentran en los alimentos fermentados, como los prebióticos y las vitaminas, también pueden ejercer beneficios para la salud. La fermentación puede reducir las toxinas y los antinutrientes, lo que puede aumentar la tolerancia de estos productos en pacientes con trastornos funcionales del intestino, como el síndrome del intestino irritable (Dimidi et al., 2019).

5. Perspectivas biotecnológicas

El kéfir contiene una gran variedad de microorganismos beneficiosos y compuestos bioactivos, por lo que se considera un producto con un gran potencial como alimento funcional.

El kéfir podría ser una alternativa interesante como bebida probiótica, ya que es seguro, se puede producir en casa, tiene un bajo coste de producción y se puede incorporar fácilmente a la dieta. Los numerosos efectos fisiológicos descritos en la literatura respaldan los beneficios del kéfir para la salud. Sin embargo, aún quedan muchas preguntas por responder:

- La estandarización metodológica de los estudios constituye un paso importante para comprender mejor los beneficios fisiológicos del kéfir.
- El conocimiento detallado de la composición del kéfir aún es escaso y necesita ser caracterizado para comprender los microorganismos precisos que orquestan sus efectos beneficiosos, sus -

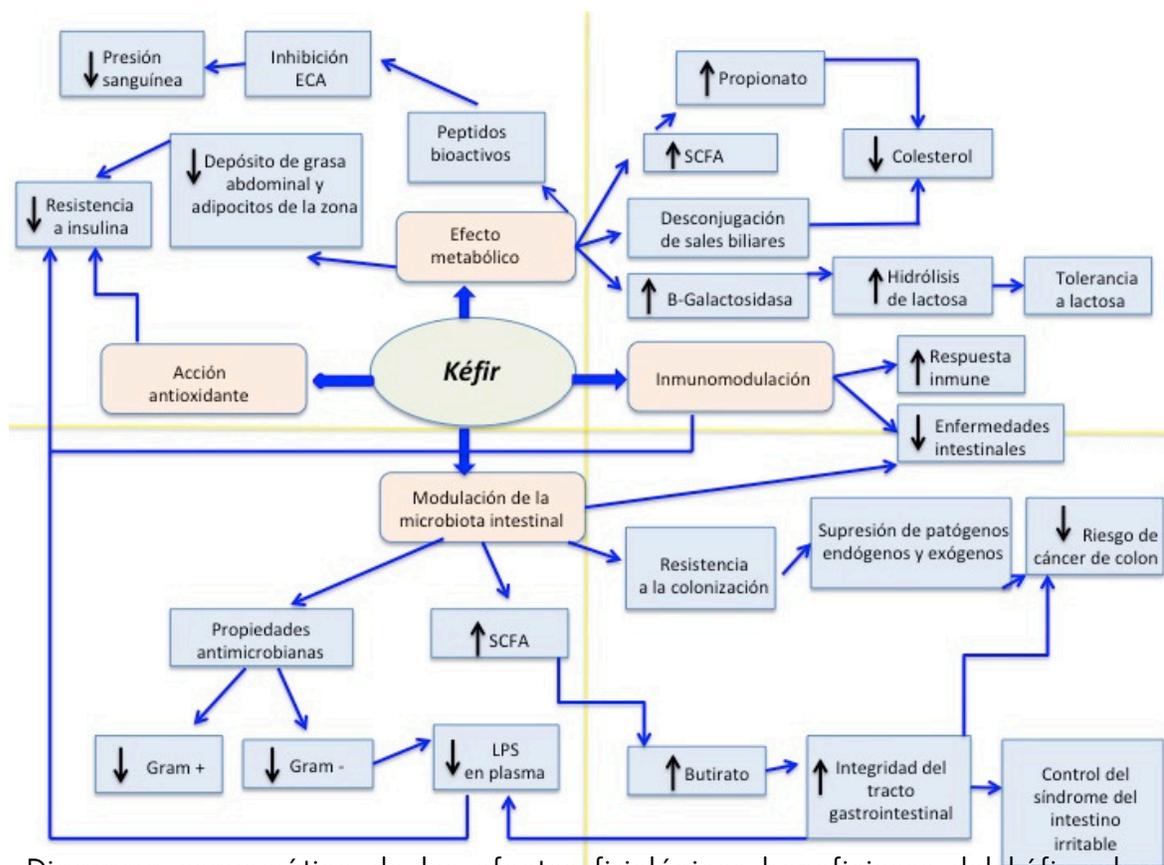


Figura 3. Diagrama esquemático de los efectos fisiológicos beneficiosos del kéfir sobre la salud humana. ECA, enzima convertidora de angiotensina; LPS, lipopolisacárido; SCFA, carbohidratos simples y ácidos grasos de cadena corta (Rosa et al., 2017).

complejas interacciones moleculares con otros compuestos bioactivos dentro del intestino (ya sea como simbióticos o postbióticos) y cómo impactan en el eje intestino-cerebro y encontrar nuevas posibilidades de aplicación del kéfir.

- Deben realizarse más ensayos controlados de intervención humana que puedan permitir un enfoque más sólido para dilucidar los mecanismos funcionales específicos por los cuales el kéfir ejerce sus beneficios biológicos, particularmente en el contexto de la promoción del envejecimiento saludable.
- También existe la necesidad de buenos estudios clínicos dirigidos a mecanismos de acción específicos para evaluar y comprender mejor los efectos fisiológicos del kéfir como parte de una dieta.
- Las diferentes condiciones de fabricación del kéfir pueden alterar las características originales de los microorganismos, lo que puede influir en sus efectos sobre la salud. Los métodos de producción de kéfir, el tiempo y la temperatura de fermentación, el tipo de leche utilizada, el diferente origen de los granos, la proporción de granos:leche (p/v) y el tiempo de enfriamiento del producto después de la fermentación pueden influir en la composición química y microbiológica de la leche fermentada.
- Es necesario comprender mejor los mecanismos de acción del kéfir en el estrés oxidativo, la acción inmunomoduladora, las propiedades antiinflamatorias, la modulación de la microbiota intestinal y el mantenimiento de la integridad intestinal, que pueden tener un efecto beneficioso en la atenuación o retraso de la progresión de

enfermedades crónicas como la osteoporosis, y así afectar positivamente a la salud humana (Apalowo et al., 2024; Rosa et al., 2017).

6. Referencias

- Azizi N.F., Kumar M.R., Yeap S.K., Abdullah J.O., Khalid M., Omar A.R., Osman M.A., Mortadza S.A.S., Alitheen N.B. 2021. Kefir and its biological activities. *Foods* 10: 1210. <https://doi.org/10.3390/foods10061210>
- Bengoa A.A., Iraporda C., Garrote G.L., Abraham A.G. 2018. Kefir micro-organisms: their role in grain assembly and health properties of fermented milk. *J. Appl. Microbiol.* 126: 686-700.
- Burdeos J. 2024. Kefir Vs. Yogurt: Which One Is Better For You?. *Health*. <https://www.health.com/kefir-vs-yogurt-8636191> (Revisado 21/10/2024).
- Culpepper T. 2022. The Effects of Kefir and Kefir Components on Immune and Metabolic Physiology in Pre-Clinical Studies: A Narrative Review. *Cureus* 14(8): e27768. DOI 10.7759/cureus.27768
- Dimidi E., Cox S.R., Rossi M., Whelan K. 2019. Fermented Foods: Definitions and characteristics, impact on the gut microbiota and effects on gastrointestinal health and disease. *Nutrients* 11: 1806. doi:10.3390/nu11081806
- Chang G.R-L., Lin W-L., Fan H-C., Tu M-Y., Liu Y-H., Yen C/C., Cidem A., Chen W., Chen C-M. 2022. Kefir peptides ameliorate osteoporosis in AKR1A1 knockout mice with vitamin C deficiency by promoting osteoblastogenesis and inhibiting osteoclastogenesis. *Biomed. Pharmacotherapy* 156: 113859. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113859>
- Hamida R.S., Shami A., Ali M.A., Almohawes Z.N., Mohammed A.E., Bin-Meferij M.M. 2021.

Kefir: A protective dietary supplementation against viral infection. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 133: 110974. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110974>
Rosa D.D., Dias M.M.S., Grzeskowiak Ł.M., Reis S.A., Conceição L.L., Peluzio M.C.G. 2017.
Milk kefir: nutritional, microbiological and health benefits. *Nutr. Res. Rev.* 30: 82–96. doi:10.1017/S0954422416000275



Sobre el autor

Dr. Felipe Ascencio.

Investigador Titular D y profesor en el CIBNOR, SNI III. Responsable del Laboratorio de Patogénesis Microbiana. Loop: 264286; Scopus: 57247070500; ORCID: 0000-0003-3515-8708

Cita

Ascencio, F. (2024). Kefir: El superalimento probiótico ancestral que promueve el envejecimiento saludable. *Biotecnológica Magazine*, 2(6), 1-10. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14681055>

Propóleo: Un Tesoro Natural de las Abejas en Peligro

Marcos Delgado Rios^{1*}, Norma Patricia Silva-Beltrán^{2,3}

1. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Av. Plutarco Elías Calles #1210 Fovissste Chamizal Ciudad Juárez, Chih., Méx. C.P. 32310.
2. Universidad de Sonora. Blvd. Bordo Nuevo s/n, antiguo Ejido Providencia, Cd. Obregón, Sonora, México. CP 85010
3. The University of Arizona. Water & Energy Sustainable Technology (WEST) Center 2959 W. Calle Agua Nueva. Tucson, AZ 85745.

El propóleo es una sustancia resinosa producida por las abejas a partir de diversas partes de plantas y moléculas secretadas por ellas. Este compuesto se ha utilizado durante siglos en la medicina popular y se destaca por sus múltiples propiedades biológicas. En este artículo, exploraremos las maravillas del propóleo, sus beneficios para la salud y su potencial en diversas industrias, así como los desafíos y amenazas que enfrentan antes los diversos contaminantes generados por el hombre.

¿Qué es el Propóleo?

El término “propóleo” etimológicamente proviene del griego pro “para o en defensa de” y polis “ciudad” haciendo referencia a la defensa de la colmena. Es una mezcla compleja de resinas, ceras y aceites esenciales que las abejas utilizan para proteger sus colmenas. Funciona como un sellador, cerrando grietas y huecos en la colmena, lo que ayuda a mantener un ambiente saludable al reducir el crecimiento microbiano y gestionar la ventilación. Además, el propóleo actúa como una defensa contra intrusos y patógenos que amenazan la colmena. La composición química de este producto apícola varía según la flora local, el lugar y el periodo de recolección, así como la genética de las abejas. Por ejemplo, se han identificado diferentes tipos de propóleos, como el verde, rojo y marrón, cada uno con su propio perfil de compuestos bioactivos. Investigaciones recientes han demostrado que el propóleo rojo, en particular, muestra un alto potencial biológico, incluido un mayor contenido de antioxidantes (Silva-Beltrán et al., 2021).

Beneficios a la salud humana

Por su diversa naturaleza el propóleo es un ingrediente valioso en la fabricación de dulces, pastillas, jarabes, jabones y suplementos alimenticios con propiedades antioxidantes. Los estudios han demostrado que este producto apícola posee actividades antibacterianas, antivirales, antifúngicas y antiparasitarias (Figura 1). Contiene compuestos bioactivos que ayudan a modular la respuesta inmune y promueven la salud general. Por ejemplo, se ha demostrado que el propóleo es efectivo contra virus que causan resfriados comunes y otras infecciones respiratorias, incluso infecciones ocasionadas por COVID.

Investigaciones han mostrado que los compuestos bioactivos en el propóleos, como flavonoides y ácidos fenólicos, tienen efectos antivirales. Estos componentes pueden inhibir la replicación viral y modular la respuesta inmune, lo que podría ser beneficioso en la lucha contra virus respiratorios, incluido el SARS-CoV-2, el virus responsable del COVID-19 (Silva-Beltrán

et al., 2023); sin embargo, los investigadores enfatizan que el propóleo no debe considerarse un sustituto de las vacunas o tratamientos médicos aprobados.

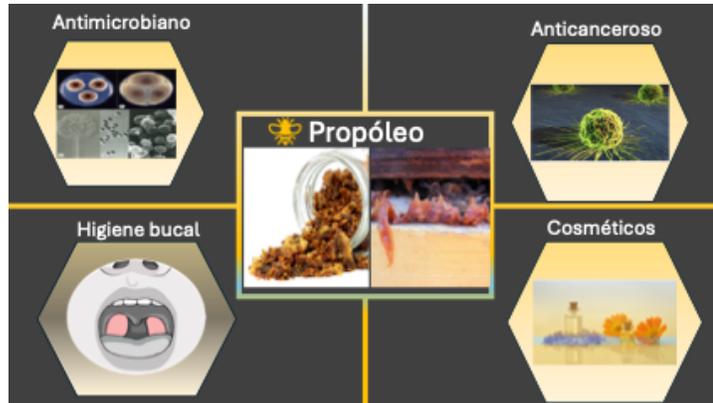


Figura 1. Diversos beneficios del propóleo

Beneficios en la Salud Oral y Medicina e Industria

El propóleo se está utilizando cada vez más en la odontología y la salud oral debido a sus propiedades antimicrobianas. Se ha encontrado que ayuda en la prevención de caries y enfermedades periodontales. Además, su uso en medicina se está explorando para el tratamiento de diversas afecciones, incluyendo enfermedades cancerígenas, gracias a su capacidad para inducir la apoptosis en células malignas (Santos et al., 2020). Además este producto apícola no solo se limita al uso médico como (anticancerosos, reduce la inflamación); también se emplea en la industria cosmética (cuidado de la piel, cabello, antienvjecimiento) y alimentaria en la conservación de alimentos y su capacidad antioxidante lo convierte en un ingrediente valioso en productos destinados a mejorar la salud y el bienestar. Sin embargo, a pesar de su amplio uso, hay un número limitado de productos registrados que utilicen propóleos en el ámbito veterinario, lo que representa una oportunidad de mercado aún por explotar.

doi.org/10.5281/zenodo.14681064

La Amenaza de los Contaminantes

Contaminación de Propóleos: Un Problema Global. Recientemente, se ha encontrado que el propóleo puede estar contaminado con residuos de herbicidas y plaguicidas. Investigaciones en propóleos extranjeros como el de origen brasileño han evidenciado la presencia de sustancias como el glifosato. Aunque las concentraciones encontradas son menores a los límites permitidos internacionalmente, la exposición constante a estos químicos puede afectar la salud de las abejas y, por ende, la calidad del propóleos.

Por su parte el propóleo mexicano también enfrenta el riesgo de contaminación. Estudios han encontrado residuos de herbicidas, como el glifosato, en varios tipos de propóleos de Brasil, y esta situación podría reflejarse en otros países, incluida México (Silva-Beltrán et al 2021).

Plaguicidas en el Propóleo Mexicano. Los estudios sobre la contaminación del propóleo en México son escasos, pero se ha reportado la presencia de plaguicidas como los organofosforados en muestras de propóleos del sur de México. Además, la cercanía de la producción de miel a cultivos convencionales que utilizan herbicidas de manera regular aumenta el riesgo de contaminación. Los plaguicidas pueden depositarse en las plantas, donde las abejas entran en contacto y, a su vez, pueden transferir estos compuestos a los productos de la colmena, incluyendo el propóleo.

Generalmente, si hay presencia de compuestos tóxicos en el propóleo, otros productos de las abejas, principalmente la miel, también pueden estar contaminados. Un análisis completo realizado por el equipo de Valdominos et al. (2017),



Figura 2. Muerte masiva de abejas ocasionado por la presencia de metales tóxicos y plaguicidas presentes en diversas matrices ambientales (agua, suelo, aire, vegetación)

reveló la presencia de plaguicidas en miel y cera de diferentes regiones de México, con los siguientes hallazgos:

- En el sur: fenilfenol y el organoclorado 2,4-DDT.
- En el norte: malatión, clorpirifos, fenilfenol y tiabendazol.
- En el Altiplano: clorpirifos e imidacloprid.

Estos resultados demuestran la exposición a pesticidas en las colmenas mexicanas y el riesgo a la muertes masiva de abejas (Figura 2).

Xenobióticos y Contaminación Ambiental

El propóleo mexicano también enfrenta el riesgo de contaminación por xenobióticos (sustancia química que no se encuentra de forma natural en el organismo, pero que puede incorporarse a las rutas metabólicas para su procesamiento), que incluyen plaguicidas y metales pesados de origen antropogénico.

Las abejas y sus productos son considerados bioindicadores de la contaminación ambiental, ya que los compuestos tóxicos pueden deposi-

tarse en el suelo y ser transportados a las colmenas a través de fuentes de alimento como el néctar y el polen (Silva-Beltrán et al., 2021; Valdovinos-Flores et al., 2017). Esto significa que el propóleo puede estar contaminado directa o indirectamente por estas sustancias.

Metales Pesados en el Propóleo

A nivel mundial la contaminación por metales tóxicos es un gran problema por su difícil degradación y su capacidad para mezclarse con diversos ecosistemas. El propóleo puede contaminarse por metales provenientes de diversas fuentes como las abejas, el aire, el agua, las plantas y el suelo. Las acciones antropogénicas, como actividades industriales, minería, urbanización y el uso de pesticidas, contribuyen a esta contaminación. En México, los estudios sobre metales pesados en propóleo son limitados, pero se han reportado concentraciones significativas en diferentes regiones. Por ejemplo un estudio de Montiel et al. (2020) se encontraron las siguientes concentraciones de metales en ppm:

- Plomo (4.75) en áreas agrícolas.
- Cadmio (3.87) en áreas urbanas.
- Cromo (4.74) en áreas rurales.

Comparado con registros en otros propóleos de origen brasileño, los niveles de cadmio en México son más altos, aunque los niveles de cromo y plomo son más bajos. Las regulaciones en México no especifican límites permisibles para metales pesados o pesticidas, aunque algunas regulaciones en otros países latinoamericanos establecen límites para plomo y arsénico.

Hagamos conciencia

Es fundamental que tomemos conciencia del impacto que nuestras acciones tienen en el medio ambiente. La contaminación no solo afecta a las abejas y su capacidad para producir propóleos de calidad, sino que también pone en peligro nuestra salud al consumir productos que podrían estar contaminados. Promover prácticas agrícolas sostenibles y la reducción del uso de químicos en la agricultura son pasos cruciales para preservar este recurso invaluable. El propóleo es un producto natural extraordinario que ha experimentado una creciente demanda en los últimos años, favoreciendo especialmente a los apicultores en México. Su versatilidad ha captado la atención de la medicina, la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria, donde se utiliza como conservante natural en una gran variedad de productos. Sin embargo, es la industria farmacéutica la que más destaca, debido al potencial del propóleo para desarrollar tratamientos innovadores contra enfermedades infecciosas provocadas por la multiresistencia de microorganismos como bacterias y levaduras

Esto convierte al propóleo en un recurso aún más valioso y urgente de proteger. Recordemos que es un producto natural extraordinario y a medida que la investigación avanza, es probable que descubramos aún más aplicaciones y potenciales terapéuticos de este maravilloso compuesto ya sea en forma de extractos, ungüentos o suplementos, el propóleo continúa demostrando que es un verdadero tesoro de la naturaleza.

Referencias

- Montiel, J., Marmolejo, Y., Castellanos, I., Pérez, F., Prieto, F., Gaytán, J., & Fonseca, M. (2020). Niveles de cadmio, cromo y plomo en abejas (*Apis mellifera*) y sus productos en Hidalgo, México. *Rev. Iberoam. Cienc*, 7, 57-58.
- Santos, L. M., Fonseca, M. S., Sokolonski, A. R., Deegan, K. R., Araújo, R. P. C., Umsza-Guez, M. A., Barbosa, J. D. V., Portela, R. D., & Machado, B. A. S. (2020). Propolis: types, composition, biological activities, and veterinary product patent prospecting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(4), 1369-1382.
- Silva-Beltrán, N. P., Galvéz-Ruíz, J. C., Ikner, L. A., Umsza-Guez, M. A., de Paula Castro, T. L., & Gerba, C. P. (2023). In vitro antiviral effect of Mexican and Brazilian propolis and phenolic compounds against human coronavirus 229E. *International Journal of Environmental Health Research*, 33(12), 1591-1603.
- Silva-Beltrán, N. P., Umsza-Guez, M. A., Ramos Rodrigues, D. M., Gálvez-Ruiz, J. C., de Paula Castro, T. L., & Balderrama-Carmona, A. P. (2021). Comparison of the biological potential and chemical

composition of Brazilian and Mexican propolis. *Applied Sciences*, 11(23), 11417.

Valdovinos-Flores, C., Alcantar-Rosales, V. M., Gaspar-Ramírez, O., Saldaña-Loza, L. M., & Dorantes-Ugalde, J. A. (2017). Agricultural pesticide residues in honey and wax combs from Southeastern, Central and Northeastern Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 56(5), 667-679.

De los autores:



Marcos Delgado Ríos

Ingeniero Químico Ambiental con maestría en Ciencia y Tecnología Ambiental, Lic. en educación y doctor en ciencias en Ingeniería Ambiental por la Universidad de Texa en el Paso EE.UU. Profesor investigador de la Universidad Autónoma de Ciudad Juarez y Actualmente Titular de la oficina de representación del estado de Chihuahua de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).



Norma Patricia Silva Beltrán

Ingeniero en Biotecnología con maestría en Ciencias Ambientales y Doctorado en Ciencias con especialización en Biotecnología. Profesor del Departamento de Ciencias de la Salud de la Universidad Sonora e investigador asociado en el departamento de ciencias ambientales de la Universidad de Arizona, EE.UU. Miembro vigente del Sistema Nacional de Investigadores SNI

Cita:

Delgado-Ríos, M., & Silvia-Beltrán, N. P. (2024). Propóleo: Un Tesoro Natural de las Abejas en Peligro. *Biotecnológica Magazine*, 2(6), 11-15. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14681064>

¿Pueden ser las microalgas un alimento para humanos?

Juan Pablo Garcia-Encinas¹, Carmen Lizette Del Toro-Sánchez¹, Saúl Ruíz-Cruz¹, Josué Elías Juárez-Onofre² y Enrique Márquez-Ríos^{1*}

¹Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora, Boulevard Luis Encinas y Rosales, 83000, Hermosillo, Sonora, México.

²Departamento de Física, Universidad de Sonora, Boulevard Luis Encinas y Rosales, 83000, Hermosillo, Sonora, México.

*Autor correspondiente: Dr. Enrique Márquez-Ríos

Correo: enrique.marquez@unison.mx

Tema: Las microalgas pudieran ser una solución sostenible ante el desafío global de satisfacer la creciente demanda de alimentos. Estos organismos destacan por su composición nutricional excepcional, ofreciendo proteínas de alta calidad, ácidos grasos esenciales, así como vitaminas y minerales, de gran importancia para la salud humana. Además, son fuentes ricas en compuestos bioactivos que aportan beneficios adicionales.

1. Introducción

La creciente población mundial ha aumentado la demanda de alimentos y suplementos nutricionales, representando esto uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad en la actualidad. En este contexto, día a día se buscan alternativas para satisfacer las necesidades alimenticias de la sociedad. Para ello, se han propuesto diferentes fuentes alimenticias, entre ellas, las microalgas emergen como una alternativa prometedora. Éstas, son organismos microscópicos que poseen una composición nutricional excepcional (Fig. 1), en su mayoría fotosintéticas, es decir, aquellas especies que generan energía o biomasa a partir de la luz, aunque existen microalgas heterótrofas (aquellas que generan energía o biomasa a través de la nutrición de compuestos orgánicos), las cuales se pueden desarrollar sin necesidad de luz.

Las microalgas se destacan por su alto contenido de proteínas de alta calidad, que incluyen muchos de los aminoácidos esenciales (aquellos que los humanos no sintetizamos) e

incluso algunas los incluyen todos. Además, algunas son ricas en ácidos grasos saludables (como por ejemplo, omega-3 y omega-6), que desempeñan un papel fundamental en la salud cardiovascular, el desarrollo cerebral y la función inmune (Galarza et al., 2019). Además, son también una excelente fuente de vitaminas y minerales, como por ejemplo, vitamina A, C, hierro y zinc. Asimismo, contienen una amplia variedad de compuestos bioactivos (compuestos que tienen un efecto benéfico para la salud), como carotenoides, fitoesteroles y antioxidantes.

Aunado a lo anterior, el cultivo de microalgas es un proceso sostenible y eficiente que puede ser realizado en tanques o piscinas, utilizando agua de mar, agua dulce e incluso aguas residuales. Estos cultivos pueden ser controlados de manera precisa para maximizar la producción de biomoléculas valiosas. La tecnología actual permite el cultivo de microalgas en condiciones controladas, lo que garantiza una producción constante y de alta calidad alrededor de todo el mundo.

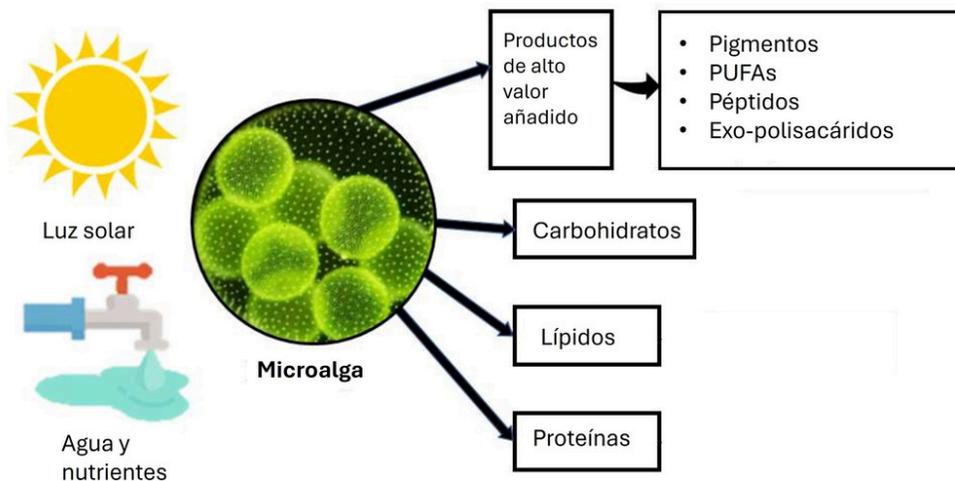


Figura 1. Microalgas y sus productos (tomado de Olgúin et al., 2022).

1. ¿Qué aportan las microalgas como alimento?

2.1 Proteínas

Se destacan varios géneros de microalgas como una fuente valiosa de proteínas, que pueden competir favorablemente en cantidad y calidad con productos tradicionales como la soya o el pescado. Algunas microalgas tienen la capacidad de sintetizar los 20 aminoácidos, lo que las convierte en una buena fuente de aminoácidos esenciales. La elaboración de productos alimenticios suplementados con microalgas se impulsó inicialmente por el alto contenido de proteínas encontrados en los géneros *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Arthrospira*. La capacidad de las microalgas de generar una mayor cantidad de proteínas en un espacio y tiempo más reducidos, en comparación con los métodos de producción tradicionales (cultivo de soya, cría de ganado, aves y peces), las posiciona como una solución prometedora para abordar los desafíos de la seguridad alimentaria global. Esta ventaja en la eficiencia de producción de proteínas hace que las microalgas sean un recurso valioso y sostenible

para complementar y diversificar las fuentes de proteínas disponibles para la población (Koyande et al., 2019).

2.2 Lípidos

El contenido de lípidos en las microalgas puede variar dependiendo de la especie y las condiciones de cultivo. Sin embargo, algunas de las especies más comúnmente utilizadas para alimentos o suplementos tienen los siguientes intervalos: *Chlorella*, 10-30 %; *Spirulina*, 5-10 % y *Dunaliella*, 6-25 % de su peso seco. Estos porcentajes fluctúan en función de distintos factores, como grupo taxonómico, fase de crecimiento y de otros fisicoquímicos, como luz, temperatura, disponibilidad de nutrientes y otros parámetros del medio de cultivo. Las microalgas son valoradas no solo por su contenido lipídico, sino también por su perfil de ácidos grasos esenciales (nuestro cuerpo no puede producirlos, debemos ingerirlos a partir de los alimentos), los cuales puede incluir ácidos grasos omega-3, como el ácido linolénico (LA), ácido alfa-linolénico (ALA),

ácido eicosapentaenoico (EPA), ácido araquidónico (ARA) y el ácido docosahexaenoico (DHA). Estos, son de gran importancia para la salud, debido a que ayudan al desarrollo del cerebro, fortalecen las neuronas, mantienen el corazón sano, tienen efecto antiinflamatorio y reducen la presión sanguínea (Becker, 2007; Khan et al., 2005; Huerlimann et al., 2010; Barclay-Zeller 1996; Borowitzka, 2018).

2.3 Carbohidratos

Las microalgas pueden contener hasta 62 % de carbohidratos en condiciones óptimas de cultivo, como es el caso de *Chlorella* (Maldonado, 2011). Mientras que en microalgas como *Spirulina* spp podemos encontrar valores típicos que van desde 8 hasta 14 % del peso seco de la biomasa, en otros ejemplares, como *Dunaliella* podemos encontrar 32 % (Gouda et al., 2022). Se pueden encontrar diferentes tipos de carbohidratos, como fibras dietéticas solubles, como las pectinas, gomas, mucílagos, betaglucanos; fibras insolubles, como celulosa, lignina, hemicelulosa; monosacáridos, disacá-

ridos y otros polisacáridos. Algunos pueden actuar como probióticos o prebióticos, con efecto estimulante sobre el sistema inmune, lo cual nos hace pensar que algunas especies pueden funcionar como un buen suplemento alimenticio (Montenegro-Herrera et al., 2021).

2.4 Otros componentes

Se reconoce a las microalgas como una factoría versátil para producir una amplia variedad de biomoléculas debido a su habilidad para convertir carbono inorgánico (CO₂), luz solar y agua en compuestos orgánicos. Las microalgas pueden sintetizar metabolitos bioactivos, a los cuales se les atribuyen diversas propiedades terapéuticas y benéficas para la salud humana, como capacidad antioxidante, antiinflamatoria, anticancerígena y antimicrobiana (Fig. 2). En este sentido, los extractos de *A. platensis* poseen actividad anticancerígena, pueden actuar como neuroprotector, mejoran el sistema inmune y reducen el colesterol en sangre (Wong et al., 2022).

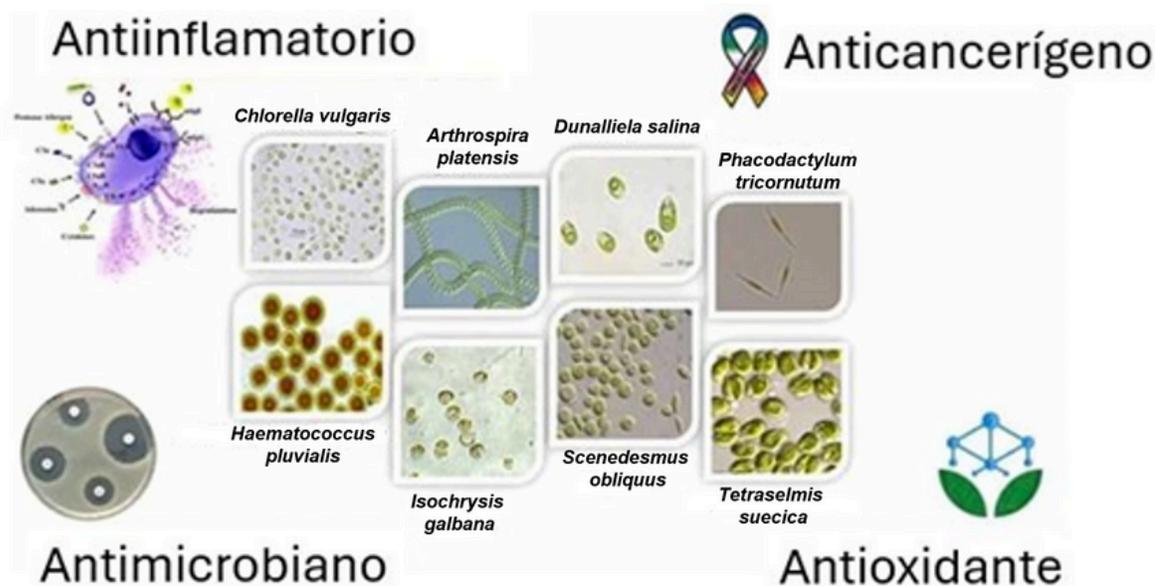


Figura 2. Principales compuestos bioactivos de las microalgas (tomado de Wong et al., 2022).

3. Condiciones de cultivo

La limitación de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, puede aumentar el contenido de lípidos totales y alterar el perfil de ácidos grasos, disminuyendo por lo general la producción de ácidos grasos poliinsaturados y aumentando la de ácidos grasos saturados y monoinsaturados (Azrina Yaakob et al., 2021). Además, la exposición a diferentes intensidades de luz y fotoperiodo (tiempo de exposición a la luz en un día) pueden afectar la biosíntesis de estos ácidos grasos (Renaud et al., 2002). Por otro lado, las bajas temperaturas pueden incrementar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados en algunas especies, lo que permite mantener la fluidez de la membrana (ciertas moléculas pueden moverse a través de la membrana celular, dando a ésta su naturaleza flexible llamada fluidez) (Renaud et al., 2002). Asimismo, cambios en la salinidad del medio de cultivo pueden influir en la composición de ácidos grasos, ya que algunas microalgas responden al estrés salino aumentando la producción de ácidos grasos saturados, principalmente (Pal-Nath et., 2011). De igual forma, la exposición a condiciones que inducen estrés oxidativo, como la presencia de ciertos metales pesados o radiación ultravioleta, pueden estimular la producción de biomoléculas que actúan como antioxidantes (Li et al., 2010), tales como ácido ascórbico, tocoferoles, compuestos fenólicos y carotenoides, principalmente (Coulombier et al., 2021).

4. Conclusión

Las microalgas son una fuente nutritiva prometedora, las cuales pueden aportar macro y micronutrientes de gran importancia para la salud humana. Aunado a esto su producción es

altamente sostenible, ya que pueden ser cultivadas en ambientes artificiales, utilizando agua de mar o aguas residuales tratadas, lo que reduce el uso de recursos en comparación con la agricultura tradicional. Su producción en zonas rurales tendría un impacto positivo al generar oportunidades económicas, aprovechar los recursos hídricos y climáticos de manera sostenible, producir alimentos nutritivos localmente y contribuir a la seguridad alimentaria y la soberanía nutricional.

Referencias

- Azrina Yaakob, M., Radin Mohamed, R.M.S., Al-Gheethi, A., Aswathnarayana Gokare, R., y Rao Ambati, R. 2021. Influence of nitrogen and phosphorus on microalgal growth, biomass, lipid, and fatty acid production: An overview. *Cells*, 10, 393. <https://doi.org/10.3390/cells10020393>
- Barclay, W. R., y Zeller, S. G. (1996). Nutritional enhancement of n-3 and n-6 fatty acids in rotifers and *Artemia nauplii* by feeding *Schizochytrium* sp. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(3), 314-322.
- Becker, W. (2007). Microalgae for human and animal nutrition. In *Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology* (pp. 312-351). Blackwell Publishing.
- Borowitzka, M. A. (2018). Biology of microalgae. In *Microalgae in Health and Disease Prevention* (pp. 23-72). Academic Press.
- Coulombier, N., Jauffrais, T., y Lebouvier, N. 2021. Antioxidant Compounds from Microalgae: A Review. *Marine Drugs*, 19, 549. <https://doi.org/10.3390/md19100549>
- Galarza, V. O. (2019). Carbohidratos y proteínas en microalgas: potenciales alimentos funcionales. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, e2019043. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.04319>

- Gouda, K. G. M., Kaliaperumal, V., Elango, R., Ramalingam, K., Rajendran, K., y Pugazhendhi, A. (2022). Microalgae as a sustainable source of high-value compounds: Current status and future perspectives. *Bioresource Technology*, 344, 126238. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126238>
- Huerlimann, R., y de Nys, R. (2010). Biochemical composition of the microalgae *Nannochloropsis oculata* is altered by salinity and nitrogen availability. *Aquaculture Research*, 41(9), 1334-1343.
- Khan, Z., Bhadouria, P., y Bisen, P. S. (2005). Nutritional and therapeutic potential of *Spirulina*. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 6(5), 373-379.
- Koyande, A. K., Chew, K. W., Rambabu, K., Tao, Y., Chu, D. T., y Show, P. L. (2019). Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*, 8(1), 16-24.
- Li, Y., Horsman, M., Wang, B., Wu, N., y Lan, C. Q. (2010). Effects of nitrogen sources on cell growth and lipid accumulation of green alga *Neochloris oleoabundans*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 81(4), 629-636.
- Montenegro-Herrera, C., Manzoni Maroneze, M., Vera-López Portillo, F., y Martínez, A. (2021). Poliglucanos de reserva en microalgas: química, biosíntesis y manipulación de condiciones de cultivo. *Bio Tecnología*, 25(5): 52-65.
- Maldonado, C. (2011). Producción de biomasa de microalgas: Evaluación de la composición química y potencial biotecnológico. [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.]. Repositorio institucional.
- Olguín, E. J., Sánchez-Galván, G., Arias-Olguín, I. I., Melo, F. J., González-Portela, R. E., Cruz, L., De Philippis, R., y Adessi, A. (2022). Microalgae-based biorefineries: challenges and future trends to produce carbohydrate enriched biomass, high-added value products and bioactive compounds. *Biology*, 11, 1146. <https://doi.org/10.3390/biology11081146>
- Pal-Nath, Dipasmita & Khozin-Goldberg, Inna & Cohen, Zvi & Boussiba, Sammy. (2011). The effect of light, salinity, and nitrogen availability on lipid production by *Nannochloropsis* sp. *Applied microbiology and biotechnology*. 90(4), 1429-41, 1429-41. 10.1007/s00253-011-3170-1.
- Renaud, S. M., Thinh, L. V., Lambrinidis, G., y Parry, D. L. (2002). Effect of temperature on growth, biochemical composition and fatty acid composition of tropical Australian microalgae grown in batch cultures. *Aquaculture*, 211(1-4), 195-214.
- Wong, J. F., Hong, H. J., Foo, S. C., Yap, M. K. K., y Tan, J. W. (2022). A review on current and future advancements for commercialized microalgae species. *Food Science and Human Wellness*, 11(5), 1156-1170.

Sobre el autor

El Dr. Enrique Márquez Ríos realizó sus estudios de Doctorado y Posdoctorado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Actualmente es Profesor de la Universidad de Sonora, miembro del SNI nivel 3 y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias.

Cita:

García-Encinas, J. P., Del Toro-Sánchez, C. L., Ruiz-Cruz, S., Juárez-Onofre, J. E., & Márquez-Ríos, E. (2024). ¿Pueden ser las microalgas un alimento para humanos?. *Biotecnológica Magazine*, 2(6), 16-20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14681079>

Ácido Alfa Lipoico, una molécula clave en el metabolismo de los mamíferos

Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
nherna04@cibnor.mx

Tema: A través de esta lectura podrás descubrir las funciones, origen y aplicación biotecnológica del Ácido Alfa Lipoico (AAL o ALA), una molécula poco conocida que es considerada el antioxidante de antioxidantes. Esta molécula tiene aplicaciones muy prometedoras dada sus características químicas e interacciones fisiológicas, entre las que se pueden destacar, además de sus propiedades antioxidantes, su participación en los procesos de crecimiento y diferenciación celular. Y como polímero, su uso para la elaboración de adhesivos médicos, adhesivos sensibles a la presión y adhesivos tipo epoxi resultan en productos más amigables con el ambiente y con los sistemas vivos.

1. Introducción

Buscando entre los artículos de primera plana en las revistas científicas de mayor impacto, me topé con una nota sobre un artículo en el que investigadores de la Universidad de California desarrollaron un nuevo adhesivo quirúrgico, orgánico y reciclable que funciona tanto interna- y externamente. Profundizando un poco más en el tema, encontré que la molécula clave de este nuevo pegamento es el Ácido Alfa Lipoico (ALA, por sus siglas en inglés), por lo que inicié una búsqueda de información sobre esta molécula y descubrí que es compuesto natural, multifuncional y esencial en el metabolismo energético de los organismos. A este compuesto también se le conoce como: AAL (Ácido Alfa Lipoico, Biletan, FRA (Factor Reemplazante del Acetato) o ácido tióctico, y aquí vamos a conocer más de esta molécula.

2. ¿Qué es el Ácido Alfa Lipoico?

El ácido alfa lipoico (ALA, por sus siglas en inglés) es un ácido graso que contiene dos -

átomos de azufre. No es una vitamina ya que nuestras células lo pueden sintetizar a partir de ácido octanoico. Esta molécula se encuentra en todas las células, en donde participa en los procesos bioquímicos de producción de energía (ayuda a las vitaminas B en la conversión de carbohidratos, proteínas y grasas en energía). Sin embargo, debido a que la capacidad de nuestro organismo es muy limitada para la síntesis del ALA a partir de la dieta (Fig. 1), es difícil obtenerlo en cantidades terapéuticas, suele recomendarse su ingesta en forma de suplementos (Medline Plus, 2024).



Figura 1. Fuentes naturales de Ácido Alfa Lipoico (ALA). 1) Carnes rojas; 2) Betabel; 3) Papas; 4) Zanahoria; 5) Espinacas; 6) Brócoli (Canva).

2.1 ¿Dónde se produce?

El ALA se sintetiza en las mitocondrias y es necesario como cofactor (ver glosario) en la degradación enzimática de nutrientes; consiste en un grupo funcional di-tiol (S-S, átomos de azufre-azufre; Fig. 2A) que elimina las especies reactivas de oxígeno (ERO acrónimo, o ROS, por sus siglas en inglés) al reducir las formas oxidadas de otros antioxidantes. Por sus dos grupos tiol el ALA puede existir en dos formas químicas: forma oxidada o ácido alfa lipoico (ALA, Fig. 2B) y la forma reducida conocida como ácido dihidrolipoico (DHHLA, por sus siglas en inglés, Fig. 2C) (Salehi et al., 2019).

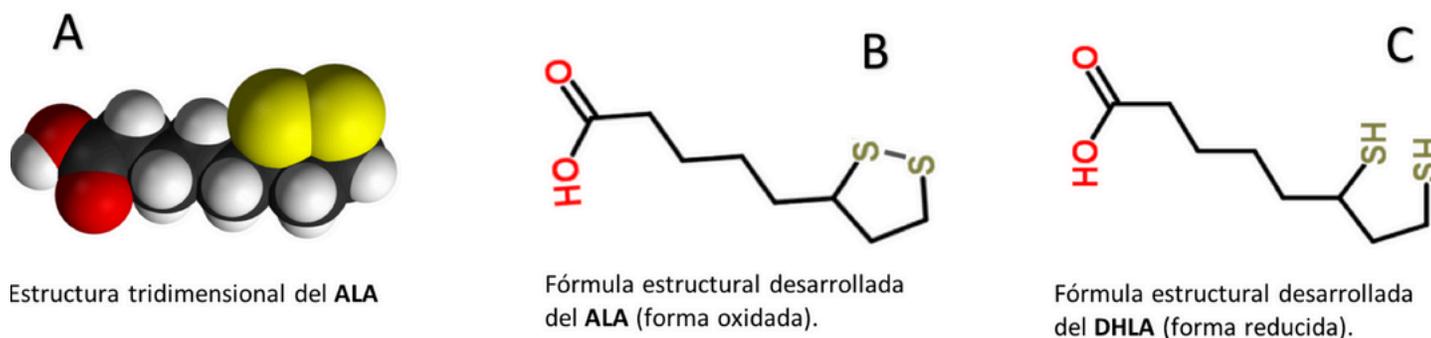


Figura 2. Estructura de Ácido Alfa Lipoico. A) Estructura 3D, en la que los átomos de carbono se muestran en negro, los de hidrógeno en blanco-gris, los de oxígeno en rojo, y los de azufre en amarillo. En los paneles B) y C) se muestran la forma oxidada y reducida del ALA. En este tipo de representación los átomos de azufre (S) se muestran en verde (tomado de Wikipedia, 2024; Carrier y Rideout, 2013).

2.1 ¿Dónde se produce?

El ALA se sintetiza en las mitocondrias y es necesario como cofactor (ver glosario) en la degradación enzimática de nutrientes; consiste en un grupo funcional di-tiol (S-S, átomos de azufre-azufre; Fig. 2A) que elimina las especies reactivas de oxígeno (ERO acrónimo, o ROS, por sus siglas en inglés) al reducir las formas oxidadas de otros antioxidantes. Por sus dos grupos tiol el ALA puede existir en dos formas químicas: forma oxidada o ácido alfa lipoico (ALA, Fig. 2B) y la forma reducida conocida como ácido dihidrolipoico (DHHLA, por sus siglas en inglés, Fig. 2C) (Salehi et al., 2019).

2.2 Principales características

El DHHLA es la forma química principal que interacciona con las ERO, aunque la forma oxidada (ALA) también los puede inactivar.

En la figura 3, se muestra la vía de conversión de ALA en DHHLA tanto en el hígado como en el cerebro (Morales et al., 2012). El ALA es relativamente estable como sólido, pero se polimeriza cuando se calienta a más de 47.5°C o bajo la influencia de luz, cuando se encuentra disuelto en una solución neutra (pH 7). Tanto el ALA como el DHHLA son moléculas con propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas simultáneas (anfipáticas; glosario), lo que expli-

ca su alta solubilidad tanto en agua como en lípidos, además de su extraordinaria capacidad de atravesar la barrera hematoencefálica (Wikipedia, 2024; Alves, 2014).

Como ya mencionamos, el ALA está implicado en actividad antioxidante y es un factor de crecimiento para algunos microorganismos. El ácido lipoico existe como dos enantiómeros (glosario), el enantiómero R y el enantiómero S (Fig. 4). Normalmente, sólo el enantiómero R existe en la naturaleza y es esencial para el metabolismo aeróbico, debido a que el RLA es un cofactor esencial de muchos complejos enzimáticos de celulares. R-LA es un aminoácido es biológicamente activo, sin

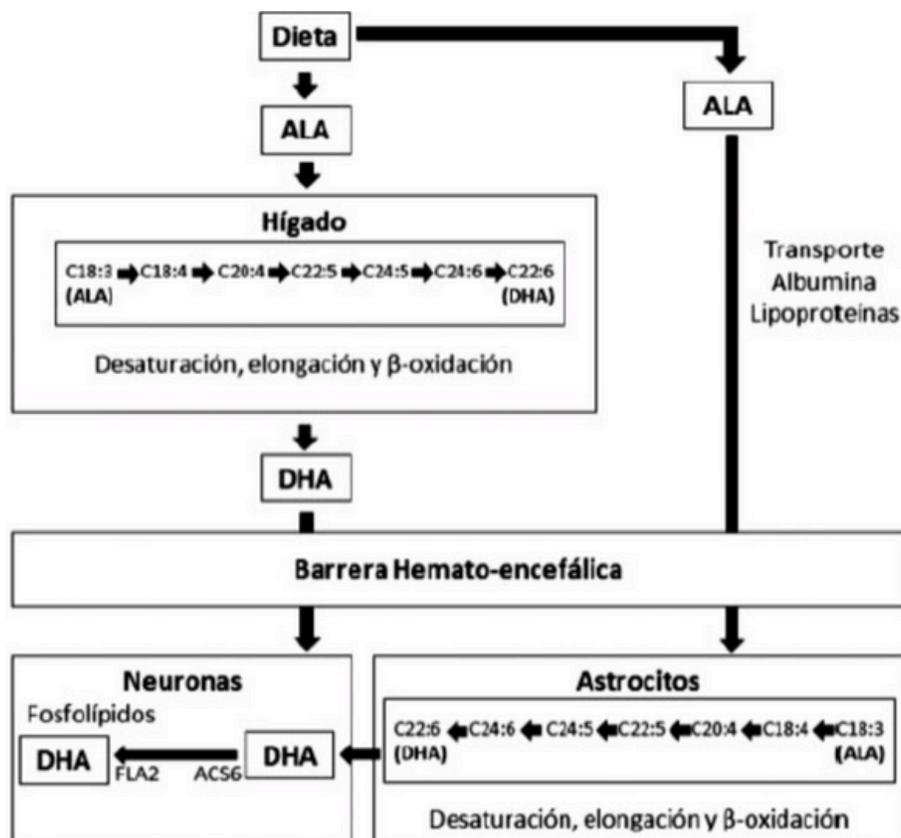


Figura 3. Vías de conversión del ALA en DHA (tomado de Morales et al., 2012).

embargo, en algunos estudios recientes se ha sugerido que el enantiómero S tiene un efecto inhibitorio sobre el enantiómero R, lo que reduce su actividad biológica y aumenta el estrés oxidativo en lugar de reducirlo. Además, se ha descubierto que el enantiómero S reduce la expresión de una proteína transportadora de glucosa en las células responsables de la captación de glucosa (GLUT-4 por glucose transporter type 4; Raddatz y Bisswanger, 1997).

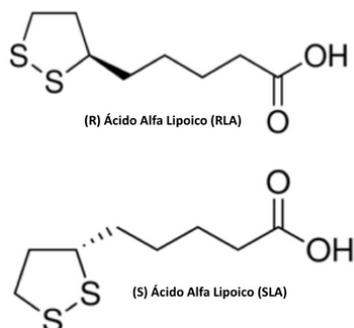


Figura 4. Estructura de las formas enantioméricas del Ácido Alfa Lipoico R y S (modificado de Raddatz y Bisswanger, 1997).

2.3 ¿Cuál es su origen?

En la última década, este compuesto ha sido un foco de interés en la investigación médica debido a su potencial terapéutico, distinguiéndose por tres características principales: 1) su alta capacidad antioxidante, 2) su relevante papel en la producción de energía y 3) su particular solubilidad (en agua y en lípidos); estas cualidades le permiten funcionar eficazmente en diversos ambientes celulares. El ALA ejerce su acción antioxidante neutralizando una amplia gama de ERO y además tiene la capacidad de regenerar otros antioxidantes entre los que podemos mencionar a las vitaminas C y E (INC, 2024).

El ALA fue descubierto en 1937, como un compuesto órganosulfurado, por el bioquímico estadounidense E. E. Snell como parte de su investigación sobre los factores de crecimiento microbiano. En su investigación, Snell se centró en las necesidades nutricionales de los microorganismos e identificó al ALA como un compuesto crucial para el crecimiento de ciertas bacterias. Aunque con este descubrimiento inicial no se reconoció plenamente la importancia del compuesto y sus aplicaciones más amplias, fue fundamental para marcar el camino hacia investigaciones posteriores. En la década de 1950 se investigó y comprendió más a fondo el papel del ALA en el metabolismo celular y sus potenciales aplicaciones terapéuticas (Tabla 1). El trabajo de L. Reed, a diferencia del de Snell, se centró más en el papel del ALA en organismos superiores, incluyendo los humanos. Aisló y caracterizó el ALA, identificándose como un cofactor crítico en el metabolismo energético celular, especialmente en el ciclo de Krebs (vía metabólica clave para la producción de energía en las células). El descubrimiento de Reed dilucidó la estructura química del ALA e inició la exploración de sus usos terapéuticos potenciales, especialmente como antioxidante y su uso en el tratamiento de condiciones como la neuropatía diabética. Desde el trabajo pionero de Reed, la investigación sobre este compuesto se ha expandido significativamente, explorando sus propiedades bioquímicas, potenciales terapéuticos y aplicaciones prácticas en la medicina y la salud (Lamberts, 2024; Salehi et al., 2019).

3. ¿Cuál es su relevancia?

3.1 Usos y aplicaciones

A través de múltiples investigaciones se ha encontrado que el ALA juega un papel crucial en diversas enfermedades (Tabla 1). Se aplica en la terapia de la diabetes mellitus (DM), donde muestra un efecto preventivo sobre las polineuropatías, además de proteger al corazón contra las lesiones por isquemia-reperusión. Se ha observado una alta eficiencia del ALA como quelante (glosario), aunque no está del todo claro si estos efectos se deben a sus características antioxidantes o a su papel como cofactor en complejos multienzimáticos. Para ambas funciones (antioxidante y quelante) el sitio catalítico de la DHLA es necesario, sin embargo, no se conoce a fondo su funcionamiento, por lo que la caracterización de la unión del ALA y la DHLA-deshidrogenasa ayudaría a comprender sus diversos efectos (Raddatz y Bisswanger, 1997; Lambrets, 2024).

Como ya se mencionó, el ALA es un suplemento para el tratamiento de enfermedades crónicas caracterizadas por estrés oxidativo, en particular la neuropatía diabética, su uso parece ser muy prometedor para retardar la aparición del síndrome metabólico (a través de sus propiedades antioxidantes). El ALA presenta características multifacéticas y funciona como antioxidante al mitigar el daño inducido por el estrés oxidativo relacionado con los trastornos metabólicos crónicos. Esta actividad explica las diversas indicaciones, mecanismos de acción, contraindicaciones y aspectos cruciales de la suplementación con ALA, brindando al personal médico una comprensión para manejar las condiciones crónicas relacionadas con el estrés oxidativo (Nguyen et al., 2024).

Tabla 1. Aplicaciones del Ácido Alfa Lipoico (ALA) (basado en Lamberts, 2024; Medline Plus, 2024; Sansegundo, 2019; NCI, 2022; NF, 2024; Carrier y Rideout, 2013).

Aplicación	Efecto	Comentarios
Antioxidante	Efecto antioxidante tanto en su forma oxidada (ALA) como en la reducida (DHLA).	
Regeneración de las vitaminas C y E, glutatión y coenzima Q10	El DHLA regenera directamente las reservas de antioxidantes utilizadas, por lo que pueden volver a neutralizar radicales libres.	
Suministro de energía	Funciona como cofactor en el proceso celular de conversión de carbohidratos, azúcares, proteínas y grasas, en energía.	En caso de escasez de ácido alfa lipoico, la glucosa no puede convertirse adecuadamente en energía y ATP.
Diabetes	Multifacético: protección de las células beta, mejora de la captación de glucosa en la Diabetes Mellitus Tipo 2 además de proporcionar beneficios antioxidantes. Se ha observado que in vitro (e in vivo), estimula la absorción de glucosa por las células al igual que la insulina; reduce la insulinoresistencia.	Muchas de las complicaciones de la diabetes, como la polineuropatía y las cataratas, parecen ser en buena parte consecuencia de daños causados por radicales libres.
Neuropatía Periférica Diabética (NPD)	Mitigar síntomas neuropáticos. Más allá de la NPD, el ALA ha demostrado mejorar otras condiciones neurodegenerativas, debido a su efecto dentro del sistema nervioso central.	Disminuye la sensación de ardor, hormigueo y adormecimiento en las extremidades de personas diabéticas que presentan los síntomas.
Protección del hígado	Importante para el metabolismo hepático, cuando el hígado sufre estrés pueden producirse rápidamente deficiencia de ALA. Esto se relaciona con el hecho de que el ALA es un excelente estimulante para la síntesis de glutatión.	
Neutralización (quelación) de metales pesados	El ALA y el DHLA forman complejos con metales pesados.	El ALA lleva ya mucho tiempo siendo prescrito para el tratamiento de la intoxicación por metales pesados a través de compuestos, por ejemplo, de mercurio, cadmio o arsénico.
Salud cognitiva (protección del tejido cerebral)	El tejido del sistema nervioso central es muy sensible al daño oxidativo debido a su gran consumo de oxígeno y a la alta densidad mitocondrial. El ALA es uno de los pocos antioxidantes que pueden atravesar con mucha facilidad la barrera hematoencefálica.	
El estrés oxidativo en el cerebro, es un sello común en la enfermedad de Alzheimer, Parkinson, en algunas formas de Autismo y otras condiciones neurodegenerativas. La capacidad antioxidante del ALA juega un papel crucial en la protección de las células cerebrales de posibles daños. El ALA participa activamente en el fortalecimiento de la producción de acetilcolina, un neurotransmisor de suma importancia para la memoria y la función cognitiva.	Una defensa insuficiente contra la oxidación por deficiencia de glutatión parece tener un papel importante en algunas afecciones neurodegenerativas. La gravedad de la enfermedad parece relacionarse con el grado de la deficiencia de glutatión.	
Varios estudios han proporcionado indicios de que cuando se combina ALA con ácidos grasos omega-3, se puede desacelerar el declive en la función cognitiva entre individuos que lidian con enfermedad de Alzheimer leve a moderada.		
Glaucoma	150 mg de ALA al día durante un mes (ó 75 mg al día durante dos meses) fueron capaces de producir mejoría (con respecto al grupo de control) en 45 pacientes con glaucoma, tanto en parámetros bioquímicos como en el funcionamiento de la visión.	La mejora más evidente sucedió en el grupo que recibió la dosis más alta de ácido alfa lipoico.
VIH	Existen estudios que apuntan a que el ALA tiene un efecto contra los retrovirus a través de la inhibición de la enzima transcriptasa inversa.	La infección por VIH, además, va aparejada con daño hepático como consecuencia de la deficiencia de glutatión, y la restauración de los niveles de este tri péptido es un objetivo importante dentro del tratamiento no tóxico del VIH.
Cardiopatía	Puede reducir el nivel de colesterol total un 40% y el nivel de colesterol LDL un 42%. El DHLA es capaz de limitar el daño por reperusión que se produce en el cerebro tras un ataque de apoplejía o en el miocardio tras un infarto.	
Protección contra daños por radiación	El tratamiento combinado de ALA y vitamina E parece reducir el grado de peroxidación lipídica en la sangre de niños contaminados por radioactividad (p.ej. Rusia), hasta dejarlo en valores por debajo de los de los niños no expuestos a radiación.	También se normalizaron en estos niños las funciones hepáticas* y renales.
Metabolismo de catecolaminas	Combate la acumulación de catecolaminas en el tejido coronario como consecuencia del estrés y mejora la eliminación del producto de la degradación de las catecolaminas.	
Disfunción sensorial y endotelial de la piel	Neutraliza radicales libres dañinos en la piel, y al ayuda a combatir el estrés oxidativo.	

Tabla 1. Aplicaciones del Ácido Alfa Lipoico (ALA) (basado en Lamberts, 2024; Medline Plus, 2024; Sansegundo, 2019; NCI, 2022; NF, 2024; Carrier y Rideout, 2013). continuación.

Aplicación	Efecto	Comentarios
Protege las células de la piel del envejecimiento prematuro y del daño causado por factores como la radiación UV y la contaminación.		
Promueve la producción de colágeno (proteína esencial para de la piel).	Tratamiento del envejecimiento de la piel, ayudando a mantener su elasticidad y firmeza. Cambios, relacionados con la edad, a menudo se atribuyen a factores como el estrés oxidativo, la degradación del colágeno y la reducción del recambio de células cutáneas.	
Obesidad	Favorecer la conversión de los carbohidratos en energía.	Tomar ALA por vía oral puede reducir ligeramente el peso corporal en adultos con sobrepeso.
Cáncer	Protección de las células normales de los efectos secundarios de la quimioterapia, por su acción antioxidante y quimioprotector.	
Complemento alimenticio	Promueve de la actividad de la enzima Óxido Nítrico Sintasa Endotelial (eNOS), que es vital para el funcionamiento saludable de los vasos sanguíneos.	
Activa enzimas desintoxicantes que participan en el proceso de limpieza natural del cuerpo.	Su función dse debe a que ALA ayuda a disminuir sustancias como MMP-9 (metallproteinase-9) y VCAM-1 (vascular cell adhesion molecula-1) que, si están elevadas, provocan inflamación y problemas vasculares.	

El tejido del sistema nervioso central es muy sensible al daño oxidativo debido a su gran consumo de oxígeno y alta densidad mitocondrial. El ALA es uno de los pocos antioxidantes que pueden atravesar con mucha facilidad la barrera hematoencefálica (Fig. 5), por lo que en algunos estudios se ha demostrado que el tratamiento de pacientes con enfermedad de Alzheimer (EA, por sus siglas en español) con ALA, promueve la estabilización de las funciones cognitivas (los efectos se evaluaron mediante pruebas neuropsicológicas [mini-examen del estado mental: MMSE y escala de evaluación AD (EA), subescala cognitiva: ADAScog]). Aparentemente, el tratamiento con ALA podría ser una opción terapéutica, neuroprotectora, exitosa, para la EA y otro tipo de demencias relacionadas con el estrés oxidativo en el cerebro (EA, Parkinson, ataxia de Friedreich, PANK [del inglés Pantothenate kinase-associated neurodegeneration], en algunas formas del espectro autista, y otras condiciones neurodegenerativas) (Hager et al., 2022; Talaveron-Rey, 2023).

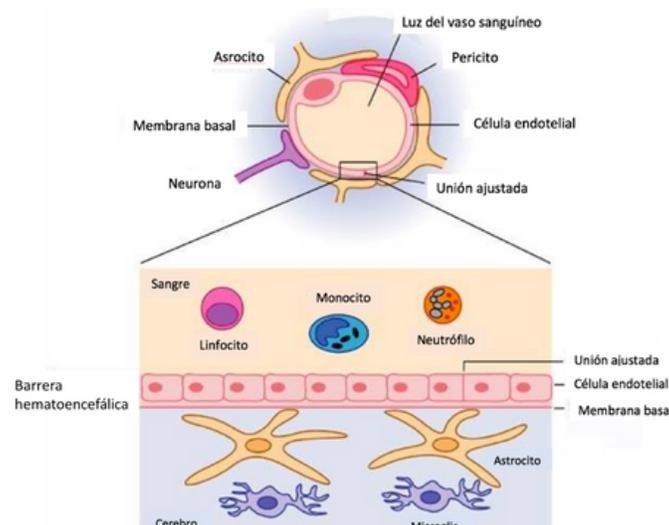


Figura 5. Síntesis biológica de ALA. Vía de síntesis de ácidos grasos mitocondriales. Se muestra la estructura química del grupo protésico ACP 4'-fosfopanteteína unida covalentemente a una serina conservada (modificado de Nowinski et al., 2018).

3.2 Efectos de la deficiencia de ALA (enfermedades)

Los defectos de la biosíntesis del ácido lipoico son un grupo de afecciones causadas por diferentes deficiencias enzimáticas. El ALA es un cofactor esencial para reacciones importan-

tes en humanos que involucran varios genes (LIPT1, DLD, LIAS) que codifican diferentes enzimas. La deficiencia de LIPT1 (lipoil transferasa 1) provocó la muerte prematura en un paciente y en un individuo menos gravemente afectado con características clínicas del síndrome similar a Leigh (el síndrome de Leigh es una enfermedad neurológica progresiva, con neuropatología asociada a lesiones del tronco cerebral y de los ganglios basales). En la deficiencia de DLD (dihidrolipoamida deshidrogenasa), las características clínicas son muy variadas dependiendo de cuál de las enzimas afectadas es la más limitante de la velocidad. La deficiencia en LIAS (ácido lipoico sintasa) provoca una enfermedad neurometabólica poco frecuente caracterizada por un inicio neonatal de convulsiones, mala succión y/o deglución, y retraso psicomotor de leve a grave, asociado a hiperglucemia no cetósica. También se pueden asociar problemas respiratorios (apnea, acidosis respiratoria aguda), letargia, pérdida auditiva, microcefalia (Orphanet, 2024a), que se manifiestan principalmente en recién nacidos (4 semanas) o en niños (de 4-11 años) (Fig. 4; Orphanet, 2024b).

Acerca del defecto de biosíntesis del ácido lipoico, en muchas enfermedades raras asociadas a este déficit la información es muy limitada. En la Tabla 2 se muestran las enfermedades causadas por deficiencia en la síntesis de ALA. Actualmente, existe el Centro de Información sobre Enfermedades Genéticas y Raras (GARD, por Genetic and Rare Diseases Information Center) cuyo objetivo es recabar y poner a disposición general información sobre enfermedades raras: síntomas, causas, centros médicos tratantes, y las categorías (Orphanet, 2024b).

3.2 Efectos de la deficiencia de ALA (enfermedades)

Los defectos de la biosíntesis del ácido lipoico son un grupo de afecciones causadas por diferentes deficiencias enzimáticas. El ALA es un cofactor esencial para reacciones importantes en humanos que involucran varios genes (LIPT1, DLD, LIAS) que codifican diferentes enzimas.

4. La biotecnología en el uso de ALA

Cabe mencionar que a pesar de que el ALA se encuentra en la dieta que consumimos, los niveles contenidos en los alimentos son muy bajos. Por ello, en caso de querer tratar alguna enfermedad (neuropatía diabética, condición intermitente, etc.), es conveniente recurrir a suplementos además de una dieta adecuada. En la Tabla 3 se muestra una relación de alimentos ricos en ALA.

4.1 Síntesis

El ALA se produce de dos formas: 1) la forma biológica [biosíntesis] y 2) por síntesis química [artificial]. El precursor biológico del ácido lipoico es el ácido octanoico (o ácido caprílico, que representa alrededor del 7% en los aceites de palma y coco), que se forma a través de la biosíntesis de ácidos grasos. El humano y otros animales pueden sintetizar ALA *de novo* a partir de ácidos grasos y cisteína, pero en cantidades muy pequeñas, con lo cual debe de existir un aporte exógeno.

En el caso de la síntesis química, están involucrados 10 pasos de transformación que inician con el ácido malónico es un ácido dicarboxílico de 4 carbonos, que a través de 8 transformaciones produce ácido octanoico que se sulfura en las posiciones 6 y 8 por la ácido-lipoico sintetasa (LIAS, por su acrónimo en

Tabla 2. Enfermedades causadas por la deficiencia en ALA (basada en Orphanet, 2024b).

Enfermedad			
Numero ID	Definición	Características	Otras manifestaciones
Deficiencia de lipoil transferasa 1			
ORPHA:401862	Es un error innato del metabolismo muy poco frecuente con un fenotipo muy variable.	Convulsiones, retraso psicomotor y tono muscular anómalo que puede incluir hipo- e/o hipertonia y que resulta en debilidad generalizada, movimientos involuntarios y/o dificultad respiratoria progresiva asociada a acidosis láctica grave y aumento en orina del lactato, cetoglutarato y 2-oxoácidos.	Deshidratación, vómitos, signos de disfunción hepática, signos extrapiramidales, tetraparesia espástica, reflejos tendinosos profundos vivos, trastorno del habla, dificultades para tragar e hipertensión pulmonar.
Deficiencia de lipoil transferasa 2			
ORPHA:447795	Es un error congénito del metabolismo poco frecuente.	Encefalopatía neonatal grave con anomalías en el EEG, aumento del lactato sérico, desarrollo psicomotor escaso o nulo y, en ocasiones, fallecimiento en la infancia.	Las neuroimágenes pueden mostrar atrofia cortical, agrandamiento de los ventrículos, retraso de la mielinización y anomalías de la sustancia blanca, entre otras.
Déficit de piruvato deshidrogenasa E5			
ORPHA:2394	Subtipo muy raro de déficit de piruvato deshidrogenasa (PDHD, consulte este término).	Acidosis láctica de inicio precoz y retraso en el desarrollo, una disfunción neurológica de inicio tardío o una enfermedad hepática.	
Deficiencia de ácido lipoico sintasa			
ORPHA:401859	Enfermedad neurometabólica poco frecuente.	inicio neonatal de convulsiones (a menudo intratables), hipotonía muscular, dificultades en la alimentación (mala succión y/o deglución) y retraso psicomotor de leve a grave, asociado a hiperglucemia no cetósica patente en los análisis bioquímicos.	También se pueden asociar problemas respiratorios (apnea, acidosis respiratoria aguda), letargia, pérdida auditiva, microcefalia y espasticidad con signos piramidales.
Espasticidad de inicio infantil con hiperglicinemia			
ORPHA:401866	Enfermedad neurometabólica poco frecuente.	por ataxia espástica progresiva de inicio en la infancia asociada a trastornos de la marcha, hiperreflexia, respuestas plantares extensoras e hiperglicinemia no cetósica, detectada normalmente en el análisis bioquímico.	También se pueden asociar signos adicionales, como: espasticidad de las extremidades superiores, disartria, dificultades de aprendizaje, falta de concentración, nistagmo, atrofia óptica y disminución de la agudeza visual.
Síndrome MEPAN			
ORPHA:508095	Trastorno neurológico de origen genético poco frecuente.	Distonía de inicio en la infancia con cambios distintivos en la RM en los ganglios basales y atrofia óptica que debuta inmediatamente o pocos años después de la aparición de la distonía.	Corea y otros trastornos del movimiento, disartria o nistagmo, entre otros. La discapacidad motora progresa gradualmente, mientras que la función cognitiva está relativamente conservada.
Síndrome de disfunción mitocondrial múltiple			
ORPHA:289573	Grupo de errores congénitos del metabolismo energético poco frecuentes debidos a defectos en el ensamblaje de la proteína mitocondrial.	Acidosis metabólica láctica de inicio neonatal o en el periodo de lactancia (que puede estar asociada con hiperglicinemia y otros resultados de pruebas metabólicas anómalos), hipotonía muscular, ausencia o regresión del desarrollo psicomotor, así como hallazgos anómalos en estudios de neuroimagen (incluyendo leucodistrofia, defectos del desarrollo cerebral, anomalías de la sustancia blanca, atrofia cerebral) y otras características clínicas variables (p. ej., atrofia óptica, cardiomiopatía, hipertensión pulmonar, convulsiones y características dismórficas).	El pronóstico en poco tiempo es fatal.

inglés) produciendo el enantiómero R-LA, del que el residuo de AL es transferido a residuos de lisina por la lipoil-transferasa (LIPT, por su acrónimo en inglés) dando lugar al lipoato (Fig. 6).

Tabla 3. Alimentos ricos en ALA (basado en Carballido, 2019; Cofenat, 2023; Probesto, 2022).

Origen	Fuente	Cantidad
(mg/100g)		
Animal	Riñón de vaca	3-Feb
	Hígado de res	7-Jun
	Hígado de pollo	4-Mar
	Corazón de res	0.8-1.5
	Carnes rojas	3-Jan
Vegetal	Espinacas	3-Jan
	Brócoli	0.8-1.2
	Col rizada	0.8-1.2
	Col de Bruselas	0.5-1
	Tomates	0.5-1
	Papas	0.5-1
	Garbanzos	0.5-0.8
	Chícharos (guisantes)	0.5-0.8
	Lentejas	0.5-0.8
	Nueces	0.3-0.5
	Semillas de chia	0.3-0.5
	Semillas de lino	0.3-0.5

Debido a las limitaciones de la síntesis química y a los alcances limitados de su producción en procariontas, recientemente se ha propuesto el uso de levaduras metilotróficas para generar una plataforma de producción competitiva (Montalvo, 2020) además de que se ha tratado de obtener plantas que las produzcan mayor cantidad (Martins Noguero, 2020).

4.2 Aplicaciones en biotecnología roja

La biotecnología roja (Rivera y Mendoza, 2023) o médica se enfoca en la aplicación de la biología y la ingeniería genética en el ámbito de la medicina y la salud, jugando un papel fundamental en la investigación y desarrollo de

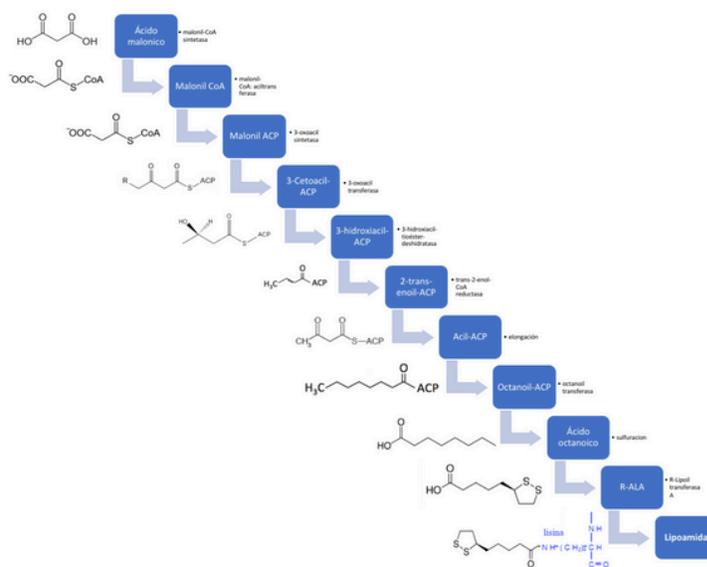


Figura 6. Síntesis química de ALA. Pasos involucrados en la síntesis química de ALA (lipoamida) a partir de ácido malónico (elaborado a partir de Wikipedia, 2024).

medicamentos, terapias génicas, diagnósticos y vacunas. La biotecnología roja es un campo multidisciplinario que combina conocimientos de biología, química, genética, farmacología y medicina que ha revolucionado la medicina, permitiendo tratamientos más efectivos y personalizados para enfermedades como el cáncer, enfermedades raras y trastornos genéticos (UFV, 2023).

En los últimos 5 años y derivado del amplio espectro de efectos observados en pacientes con dieta suplementada con ALA y estudiando los efectos signos y síntomas de pacientes con enfermedades que provocan deficiencia en la síntesis de ALA en el humano (Tabla 2), la comunidad científica se ha evocado a estudiar los efectos de padecimientos con mayor incidencia en la población: enfermedades neurodegenerativas y del sistema nervioso (Talaveron-Rey et al., 2023), diabetes (Mijnhout et al., 2012), obesidad (Carrier y Rideout, 2013) y enfermedades

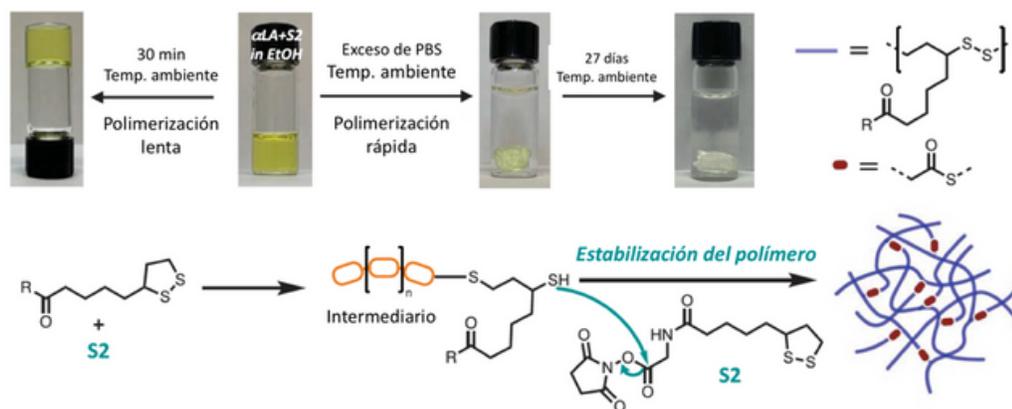


Figura 7. Estructuras monoméricas y esquema general de polimerización. Las fotografías muestran la co-polimerización espontánea de soluciones etanólicas de ALA y estabilizador S2 en 30 minutos, lo que ilustra el efecto estabilizador de S2. La adición de un exceso de tampón acuoso (PBS) a una solución etanólica de ALA+S2 resultó en la formación de un polímero estable inmediato. Abajo se muestra el proceso de polimerización y estabilización del extremo de la cadena del polímero (tomado y traducido de Pal et al., 2024).

cardiovasculares, en los que aparentemente se observa una mejoría con la ingesta de ALA exógeno (Tayebati et al., 2015).

Finalmente, llegamos al tema que inicio este artículo. Los polímeros derivados del ALA tienen el potencial de proporcionar adhesivos versátiles y amigables con el medio ambiente, aunque su inestabilidad había sido una barrera para su uso en entornos prácticos desde hace algún tiempo (Nature, 2024). Ahora, ingenieros de Berkeley (Universidad de California) han descubierto una nueva estrategia química que supera este impedimento (la estabilidad), dando pauta al diseño de adhesivos reciclables de alto rendimiento para una amplia variedad de aplicaciones (médicas, de consumo e industriales).

Los investigadores crearon una nueva familia de adhesivos de polímeros ALA estabilizados, alterando ligeramente la composición química de sus monómeros (Fig. 7). El invento consiste en una familia de adhesivos en los que se puedan mezclar y combinar un par de

monómeros en diferentes proporciones y obtener esta gama de sistemas de adhesión: 1) un adhesivo médico formulado para actuar como un super pegamento quirúrgico, 2) un adhesivo sensible a la presión (como los que se utilizan para notas adhesivas, etiquetas y cintas adhesivas) y 3) un adhesivo estructural tipo epoxi. Estos nuevos adhesivos de polímero ALA igualan o superan el rendimiento de los productos disponibles comercialmente, pueden obtenerse de forma sostenible (ya que el ALA puede biofabricarse), además, se pueden reciclar en un sistema de circuito cerrado o dejar que se degraden y se conviertan en sustancias no tóxicas dada su naturaleza química (Pal, et al., 2024).

Posteriormente, al desarrollo inicial, el grupo de investigación de Pal et al. (2024) profundizó en el desempeño del nuevo adhesivo para su uso en cirugía fetal. Durante la cirugía fetal, los médicos realizan reparaciones quirúrgicas de defectos congénitos fetales antes del nacimiento, accediendo al útero a través de

una incisión o un pequeño orificio a través del frágil saco amniótico. Después del procedimiento, el saco a veces se rompe, pierde líquido o se infecta, lo que aumenta el riesgo de parto prematuro y muerte fetal. Anteriormente, los intentos de sellar las membranas fetales se han centrado en aplicar el adhesivo al finalizar el procedimiento obteniendo un éxito limitado. Sin embargo, en el caso del super pegamento quirúrgico, los investigadores probaron un nuevo enfoque de "presellado" que implica colocar el adhesivo de polímero de ALA en el tejido antes de perforar con una aguja; este es el primer procedimiento de este tipo en un estudio preclínico. Con este enfoque los médicos observaron que el super pegamento quirúrgico selló con éxito las roturas del saco amniótico de ratones, aumentando la tasa de supervivencia fetal del 0% al 100%. Los investigadores atribuyen estos resultados al soporte mecánico adicional proporcionado por el adhesivo cerca del sitio de punción, y a las propiedades de autocuración del adhesivo polimérico, que permiten el cierre espontáneo del orificio realizado por la aguja. El adhesivo también demostró resistencia a *E. coli*, lo que podría ayudar a proteger contra infecciones bacterianas (Pal et al., 2024).

5. Conclusiones

Numerosos estudios experimentales y clínicos han demostrado la eficacia del tratamiento con fármacos que contienen ALA, o ALA como suplemento alimenticio, en enfermedades en las que se altera el equilibrio pro- y antioxidante, sin embargo, este problema requiere más estudios ya que la importancia del ALA en el metabolismo es clave.

La eficacia del lipoato (ALA) se atribuye a las propiedades antioxidantes únicas del sistema ALA/DHLA, a su capacidad de eliminación de EROs y al efecto significativo sobre las concentraciones tisulares de formas reducidas de otros antioxidantes, incluido el glutatión (uno de los más potentes). Debido a esto, al lipoato se le ha llamado el antioxidante de antioxidantes. Además, el análisis de los datos de la literatura sugiere la participación del ALA en los procesos de crecimiento y diferenciación celular; este hecho puede ser crucial para la práctica clínica, sin embargo, este problema requiere más estudios.

En relación con aplicaciones más amplias, como el ejemplo del polímero de ALA, es muy importante continuar con investigaciones que sean más amigables con el ambiente y con los sistemas vivos, ya que, por ejemplo, el nuevo adhesivo tiene el potencial de prevenir algunas de las complicaciones más comunes y graves asociadas a las delicadas cirugías fetales, resultando un gran avance en este campo emergente.

6. Referencias

- Alves JL. 2014. Blood-brain barrier and traumatic brain injury. *J Neurosci Res.*, 92(2):141-7. doi: 10.1002/jnr.23300. Consultado 10/10/2024.
- Bilska A., Włodek L. 2005. Lipoic acid - the drug of the future? *Pharmacol Rep.*, 57(5):570-7.
- Carballido E. 2019. Alimentos que contienen ácido Lipoico. *Botanical on Line*. Consultado 06/11/2024.
- Carrier B., Rideout TC. 2013. Anti-Obesity and Lipid-Lowering Properties of Alpha-Lipoic Acid *J Hum Nutr Food Sci* 1(1): 1002.

- Cofenat. 2023. El ácido alfa-lipoico (ALA). Cofenat. Consultado 06/11/2024.
- Hager K., Marahrens A., Kenklies M., Riederer P., Münch G. 2022. Alpha-lipoic acid as a new treatment option for Alzheimer [corrected] type dementia. *Arch Gerontol Geriatr.*, **32(3):275-82**.
- Instituto Nacional del Cáncer (INC). 2022. Acido alfa-lipolico. **NIH**. Consultado 11/10/2024.
- Lamberts Española. 2024. El Ácido Alfa Lipoico (ALA). Lamberts Española S.L. Consultado 10/10/2024.
- Martins Noguero R. 2020. Síntesis del ácido lipoico en semillas de girasol y su posible papel en la regulación de la síntesis de ácidos grasos. Universidad de Sevilla, Programa de Doctorado en Biología Integrada. Tesis doctoral. 278p.
- Medline Plus. 2024. Ácido alfa lipoico. Medline Plus, información de salud para usted. Consultado 11/10/2024.
- Mijnhout GS., Kollen BJ., Alkhalaf A., Kleefstra N., Bilo HJ. 2012. Alpha lipoic Acid for symptomatic peripheral neuropathy in patients with diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Endocrinol.* **2012;2012:456279**.
- Montalvo Sandoval FD. 2020. Estrategias genéticas para la producción competitiva de ácido lipoico en la levadura metilotrónica *Pichia pastoris*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Programa de Posgrado en Ciencias en Bioprocesos. Tesis de Maestría. Consultado 06/11/2024.
- Morales PJ., Valenzuela BR, González MD, González EM., Tapia OG., Sanhueza CJ., Valenzuela BA. 2012. Nuevas fuentes dietarias de ácido alfa-linolénico: una visión crítica. *Rev Chil Nutr*, **39(3): 79-87**. Consultado 06/11/2024.
- NaturaFoundation (NF). 2024. Ácido Alfa Lipoico. NF. Consultado 05/11/2024.
- Nature. 2024. Natural acid gets stuck in as eco-friendly glue. Research highlight *Nature*, **633:11**.
- Nguyen H., Pellegrini MV., Gupta V. 2024. Alpha-Lipoic Acid. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; **PMID: 33231971**. Consultado 10/10/2024.
- Nowinski SM., Van Vranken JG., Dove KK., Rutter J. 2018. Impact of Mitochondrial Fatty Acid Synthesis on Mitochondrial Biogenesis. *Current Biology*, **28(20): R1212-R1219**.
- Orphanet. 2024a. Deficiencia de ácido lipoico sintasa. ORPHA: **401859**. Consultado 05/11/2024.
- Orphanet. 2024b. Classification of rare genetic diseases: Lipoic acid biosynthesis defect. ORPHA:**401854**. Consultado 31/10/2024.
- Rivera Pérez C. 2023. Biotecnología. *Biotecnológica Magazine*, **1(1)**.
- Pal S., Shin J., Defrates K., Arslan M., Dale K., Chen H., Ramírez D., Messersmith P.B. 2024. Recyclable surgical, consumer, and industrial adhesives of poly α -lipoic acid. *Science*, **385(6711):877-883**.
- Probesto. 2022. Fuentes alimentarias de ácido alfa lipoico que debería probar. Probesto. Consultado 06/11/2024.
- Raddatz G. Bisswanger H. 1997. Receptor site and stereospecificity of dihydrolipoamide dehydrogenase for R- and S-lipoamide: a molecular modeling study. *Journal of Biotechnology*, **58(2):89-100**.
- Salehi B., Yakup Berkay Yilmaz, Gizem Antika, Tugba Boyunegmez Tumer, Mohamad Fawzi Mahomoodally, Devina Lobine, Muhammad Akram, Muhammad Riaz, Esra Capanoglu, Farukh Sharopov, and et al. 2019. Insights on the Use of α -Lipoic Acid for Therapeutic

Purposes. *Biomolecules*, **9**(8):356.

Sansegundo J.C. 2019. Ácido Alfa Lipóico. Lamberts Española, S.L. Consultado 10/10/2024.

Talaverón-Rey M., Álvarez-Córdoba M., Villalón-García I. et al. 2023. Alpha-lipoic acid supplementation corrects pathological alterations in cellular models of pantothenate kinase-associated neurodegeneration with residual PANK2 expression levels. *Orphanet J Rare Dis.*, **18** 80.

Tayebati SK., Tomassoni D., Di Cesare Mannelli L., Amenta F. 2015. Effect of treatment with the antioxidant alpha-lipoic (thioctic) acid on heart and kidney microvasculature in spontaneously hypertensive rats. *Clinical and Experimental Hypertension*, **38**(1): 30–38.

UTV. 2023. ¿Qué es la biotecnología roja o médica? Universidad Francisco de Vitoria. Consultado 11/11/2024.

Wikipedia. 2024. Ácido lipoico, síntesis química del ácido lipoico. Consultado 10/10/2024.

Cita:

Hernandez Saavedra, N. Y. (2024). Ácido Alfa Lipoico, una molécula clave en el metabolismo de los mamíferos. *Biotecnológica Magazine*, **2**(6), 21–32.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14681095>

Glosario

Cofactor. Es un compuesto químico no proteico o un ion metálico que se requiere para aumentar la velocidad de la actividad de una enzima. Los cofactores pueden considerarse "moléculas auxiliares" que ayudan en las transformaciones bioquímicas.

Anfipático. Se aplica a un compuesto de moléculas que tienen un grupo soluble en agua enlazado con una cadena de hidrocarburo insoluble en agua.

Enantiómero. En química, los enantiómeros (del griego 'ἐνάντιος', enántios, "opuesto", y 'μέρος', méros, "parte" o "porción"), también llamados isómeros ópticos, en la que de la pareja de compuestos la molécula de uno es imagen especular de la molécula del otro y no son superponibles. Cada uno de ellos tiene, en su nombre, la letra correspondiente: R (del latín *rectus*, derecho) o S (del latín *sinister*, izquierdo).

Quelante. Un quelante (del griego *χηλή*, *chēlē*, «pinza»), o agente quelante (también, secuestrante o antagonista de metales pesados), es una sustancia que forma complejos con iones de metales pesados.

Ménage à trois

Arturo Sánchez-Paz

Laboratorio Virología. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Calle Hermosa, 101, Col. Los Ángeles. Hermosillo, Sonora. México. CP. 83106.

Los seres humanos no somos un producto divino y finamente acabado. Somos el resultado, con algunas imperfecciones, de las relaciones que hemos mantenido con otros organismos durante nuestra breve historia evolutiva y del escrupuloso trabajo de la Selección Natural.

Hay acciones humanas que inevitablemente tienen repercusiones positivas o negativas. Quien las realiza puede ser considerado como buena o mala persona. Hacer algo correcto parece elogiado, siempre y cuando no sea motivado por deseos egoístas o beneficios personales. Así, definir la virtud de la acción es, a todas luces, un juicio moral, y a los humanos nos seduce hacer juicios morales. La moralidad de dichos actos está intrínsecamente ligada a la autenticidad y nobleza de la intención con las que se realizaron.

Thomas Becket nació en Londres, el 21 de diciembre de 1118. Estudió teología y, muy joven (por su notable inteligencia), fue nombrado diácono principal de Canterbury y encargado de la administración económica y judicial de la ciudad de Beverly. Posteriormente, fue nombrado canciller del reino. Esta posición lo llevó a iniciar una relación con el rey Enrique II que con el tiempo se consolidó en una sólida amistad. Enrique II, como varios reyes de ese entonces, tenía gran interés en ejercer el control absoluto sobre su reinado, pero especialmente sobre la iglesia, la

que gozaba de enormes privilegios económicos y de un amplio poder en la toma de decisiones políticas. Por esto, en 1164 Enrique II promulgó “Las Constituciones de Clarendon” que eran una serie de reglas que buscaban restringir los privilegios eclesiásticos y reducir el poder político de la iglesia y de la autoridad que el papa Alejandro III tenía sobre Inglaterra. Pensando que Becket, un joven con ideas novedosas, podría ser un aliado para defender los intereses de su causa, el rey decidió nombrarlo arzobispo de Canterbury. Quizá su amistad lo cegó, pero Enrique II nunca imaginó la tormenta que viviría al tomar esta decisión.

Tan pronto como Becket fue nombrado arzobispo de Canterbury se transformó. De una vida cómoda llena de privilegios, pasó a una existencia notablemente austera. Pero el cambio fue mucho más profundo. Becket hizo clara y pública su inconformidad con “Las Constituciones de Clarendon” y con los intentos de disminuir el poder de la iglesia. El rey se dio cuenta muy tarde de su error... había criado un cuervo. Entonces, para librarse de él, acusó a Becket ante el Gran Consejo de Northampton de oposición a la autoridad real. Fue tal el descontento del rey ante las actitudes de Becket que, tremendamente enfurecido, comentó: “¿habrá alguien capaz de librarme de este cura turbulento?” y “sería muy conveniente que Becket desapareciera”. Buscando complacer los deseos del rey, cuatro caballeros, asesinaron brutalmente a Becket el 29 de diciembre de 1170 en el atrio de la Catedral de Canterbury (Fig. 1).



Figura 1. Vitral sobre el martirio de Thomas Becket en la Catedral de San Da Pembroekeshire, Gales. Becket fue asesinado el 29 de diciembre de 1170 (Fuente: Wolfgang Sauber/World History Encyclopedia).

La muerte y posterior santificación de Thomas Becket provocaron que la gente se interesara en visitar el santuario donde fue asesinado, y poco a poco se convirtió en el sitio de peregrinación más importante de la Inglaterra medieval. Varios años después, otro rey, Enrique VIII, rompió con la iglesia católica, tras la negativa del papa Clemente VII a la anulación de su matrimonio con Catalina de Aragón (lo que le impedía tener una relación formal que exigía Ana Bolena), por lo que en 1530 ordenó la destrucción del visitado santuario. Sin embar-

go, mientras permaneció de pie, miles de personas de diferentes partes de Europa visitaban el lugar.

Así, entre 1387 y 1400, Geoffrey Chaucer escribió una de las obras más importantes de la literatura inglesa: “Los cuentos de Canterbury”, que son una serie de relatos en la que los personajes, de muy diferentes estratos de la sociedad inglesa contemporánea, se conocen y reúnen por vez primera en la posada del Tabardo en Southwark (Londres), de donde parten en una peregrinación para visitar el santuario de Thomas Becket y en su camino van narrando diferentes historias.

Muchos años después, el biólogo Richard Dawkins publicó el libro “El cuento del ancestro: Una peregrinación al amanecer de la vida” en el que describe la evolución de la vida en nuestro planeta. La estructura de este libro es muy similar a la de Los cuentos de Canterbury de Chaucer. Con la intención de que el lector entienda la historia evolutiva de la vida en nuestro planeta, el anfitrión (el ser humano) anima a los peregrinos que se van uniendo al histórico viaje (simios, roedores, marsupiales, aves, reptiles, anfibios, peces, esponjas, hongos, y bacterias, entre otros) a que describan las características del ambiente en el que habitaron, así como su biología. La belleza del libro de Dawkins radica en la forma en la que utiliza las características de cada uno de sus personajes, para que los lectores recorran el largo y sinuoso proceso evolutivo de la vida. Por supuesto, a diferencia de “Los cuentos de Canterbury” en la que los personajes relatan sus anécdotas en el camino a su destino, en “El cuento del ancestro”, Dawkins describe el fascinante viaje (en marcha hacia atrás) en el tiempo, a lo largo

de la evolución, desde los humanos actuales convergiendo, junto con los innumerables seres vivos que nos han acompañado en nuestra historia evolutiva, hasta el origen de la vida hace casi 4 mil millones de años. Es un libro que atrapa al lector y que hace entender que nuestra existencia está estrechamente ligada a la de los demás seres vivos del planeta. Seres con los que hemos mantenido vínculos biológicos y que nos han moldeado. Aunque cueste reconocerlo, los humanos somos el producto de las interacciones que hemos tenido con otros organismos, nuestros innumerables compañeros de viaje evolutivo.

Bajo este enfoque, resulta claro que las enfermedades infecciosas representan una de las principales amenazas para las poblaciones humanas. Hace apenas unos años sufrimos los devastadores efectos de un virus (COVID). A pesar del notable progreso en su tratamiento y prevención, las enfermedades infecciosas provocan actualmente cerca del 48% de las muertes en todo el mundo entre personas mayores de 45 años. Sin embargo, no parece que seamos conscientes de que esos mismos

organismos patógenos, capaces de causar enfermedad y muerte, han actuado también como una poderosa fuerza selectiva en nuestra evolución.

La malaria, o paludismo, es una enfermedad grave que ha provocado cerca de 500,000 vidas al año y que es causada por el parásito *Plasmodium falciparum*. Este parásito solamente es transmitido por la picadura de las hembras del mosquito *Anopheles* (Fig. 2A).

Los síntomas de esta enfermedad pueden incluir fiebre, vómito y/o dolor de cabeza y, si no es tratada médicamente a tiempo, puede causar muy serias complicaciones renales y cerebrales, mismas que pueden llevar a la muerte. Una de las características más notables del parásito que produce la malaria, *P. falciparum*, es que, en cierta etapa de su vida, habita en el interior de nuestros glóbulos rojos (también conocidos como eritrocitos) (Fig. 2B), donde se alimenta de los líquidos que contienen estas células. La evidencia científica acumulada indica que *P. falciparum*, se transmitió en África a través de la picadura de mosquitos a gorilas infectados y



que posteriormente picaron a humanos. Los estudios más recientes sugieren que el ancestro común reciente de *P. falciparum* surgió hace unos 60,000-40,000 años en gorilas de Camerún, de modo que nuestra peregrinación evolutiva con este letal compañero es relativamente reciente. Sin embargo, haber convivido con este parásito dejó una huella permanente en nuestra especie.

John Burdon Sanderson Haldane fue uno de los más importantes genetistas y biólogos evolutivos de su época. Se le reconoce, entre otras cosas, porque junto con Julian Huxley, Theodosius Dobzhanski, Ernst Mayr, Sewall Wright y otros, desarrollaron lo que hoy se conoce como la Síntesis Evolutiva Moderna o “neodarwinismo” que integra la teoría evolutiva de Darwin, la teoría genética de Mendel y la genética de poblaciones. Haldane era difícil de tratar, su temperamento violento y agresivo le generó más enemigos que amigos. Sin embargo, todos reconocían en él su muy notable inteligencia. En 1932, Haldane sugiere que, dependiendo de las características genéticas propias de cada individuo, las personas tienen diferentes riesgos de morir al enfrentarse a algún parásito. Hoy, parece obvio que, debido a la variabilidad genética, los seres humanos respondemos de forma diferente a una misma enfermedad. Pero Haldane fue más allá y propuso que la aparición, entre algunos miembros de una población, de un gen “defectuoso” (con alguna mutación) y que pudiera ser incluso dañino, bajo ciertas condiciones podría conferir cierto grado de protección contra un parásito, lo que incrementaría su frecuencia entre la población

expuesta al parásito. La selección natural favorecería la dispersión del “gen peligroso” entre los individuos de la población, por lo que, con el paso del tiempo, sería más común encontrarlo en la población en generaciones futuras.

La enfermedad de células falciformes, conocida también como anemia de células falciformes (o SCD, por sus siglas en inglés), es un grupo de trastornos sanguíneos hereditarios provocados por una mutación genética que afectan la hemoglobina, la proteína que transporta el oxígeno por todo el cuerpo. Normalmente, los glóbulos rojos tienen forma de disco y son lo suficientemente flexibles como para desplazarse fácilmente a través de los vasos sanguíneos. Con la enfermedad de células falciformes, los glóbulos rojos adquieren forma de medialuna debido a dicha mutación (Fig. 3). Estos glóbulos rojos falciformes no son tan flexibles por lo que pueden bloquear el flujo de sangre al resto del cuerpo causando obstrucciones vasculares y microinfartos. Pero, justo como lo predijo Haldane, este trastorno les confirió a los humanos cierta inmunidad contra la malaria, ya que la rigidez de las células falciformes provoca que la reproducción del parásito *Plasmodium* sea lenta. Al otorgar una ventaja adaptativa, la mutación se dispersó ampliamente en las poblaciones humanas que habitaban África y de las que evolucionamos. Hoy se sabe que la mutación surgió de manera independiente en 5 ocasiones diferentes en África. Esto implica que *P. falciparum* infectó algunos parientes nuestros (como *Homo erectus*, *H. heidelbergensis*, y *H. neanderthalensis*), y a nuestra misma especie hace unos 60,000 años, y poco después, hace unos 22,000 años, ocurrió la mutación de la que

derivó la anemia falciforme y que le brinda a nuestra especie cierta protección contra este patógeno (es decir, nuestra especie pasó casi 40,000 años sufriendo los devastadores efectos de este parásito). Así, la malaria ha sido una fuerza importante en la evolución humana. Sin embargo, es importante recalcar lo siguiente: la mutación que genera la anemia falciforme NO surgió para defender a nuestros ancestros de la malaria. La evolución es “ciega”, no tiene un propósito. Cuando esta mutación apareció por primera vez tuvo un efecto benéfico para las poblaciones que habitaban África y por eso se fijó entre las distintas poblaciones de humanos en África. Pero todo fue un proceso azaroso, minuciosamente examinado por la Selección Natural y que resultó, hasta cierto punto, favorable.



Figura 3. Imagen de la forma de eritrocitos normales (en círculo blanco) y falciformes (en círculo azul). Generada por IA (Microsoft designer).

Muchos años antes de que estos eventos sucedieran, ocurrió algo extraordinario. Fue como si dos eventos especiales, ocurridos en diferentes momentos, hubieran colisionado posteriormente.

El primer evento implicó que un tipo especial de virus, un lentivirus (virus caracterizados por sus largos periodos de incubación), infectara por vez primera a nuestros ancestros primates no homínidos (simios) hace aproximadamente 80-14 millones de años. Posteriormente, en algún momento entre hace 9 y 6 millones de años, las primeras especies de homínidos se separaron de los simios (más específicamente del linaje de los chimpancés). Diversos estudios sugieren que muchos años después, ocurrieron dos incidentes de transmisión de estos virus. Alrededor de 1492, en África, un grupo de lentivirus se separó del resto de los miembros de esta subfamilia viral y dio origen a lo que hoy se conoce como el Virus de la Inmunodeficiencia Símica (VIS) de chimpancés (VIScpz). Mas tarde, aproximadamente en 1809, otro grupo de lentivirus se separó del grupo primitivo dando origen a otro tipo de VIS, pero esta nueva especie de virus (VISsmm) poseía la capacidad de infectar a los monos conocidos como *Mangabey gris* o *Cercocebus atys*.

Pero esta serie de eventos no termina aquí. Entre 1932 y 1935, quizás a través del contacto de algunos cazadores con la sangre de estos monos, el VISsmm se transmitió por vez primera a seres humanos, dando origen al Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH) tipo 2 (VIH-2), y entre 1908 y 1963 el VIScpz infectó, probablemente como resultado de la misma actividad, a algunos humanos y dio origen al VIH-1, que es la forma más virulenta de este patógeno y que es causante de la pandemia mundial del Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA) que comenzó a mediados de los 80s (Fig. 4). A partir de estas últimas fechas, inició la transmisión tanto del VIH-1 como del VIH-2 por contacto entre humanos.

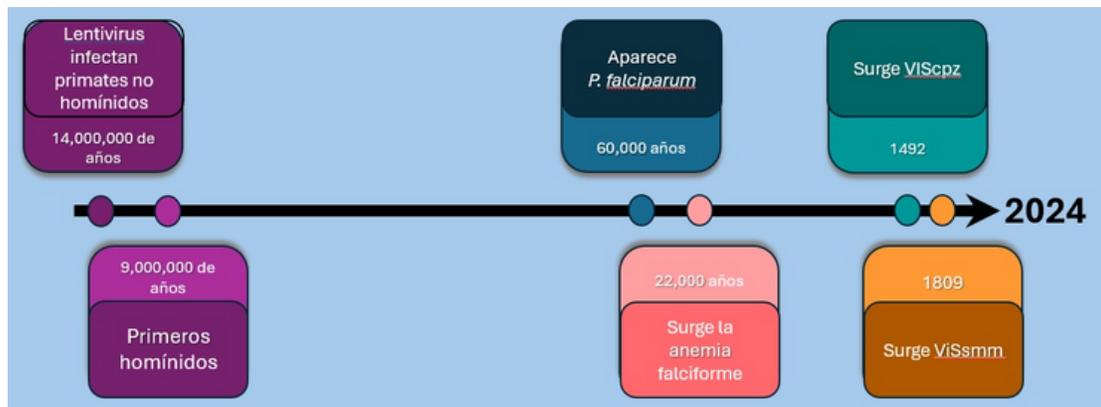


Figura 4. Línea del tiempo de los eventos evolutivos que condujeron a la aparición del VIH. Cabe mencionar que entre 1908 y 1963, a partir de VIScpz, aparecieron las variantes conocidas del VIH-1, y que entre 1932-1935 VICsmm dio origen a las variantes de VIH-2.

El segundo evento tiene que ver con la parte de la historia de la malaria y la anemia falciforme. Los eritrocitos falciformes adquieren la característica forma de medialuna debido a una mutación en la proteína conocida como “antígeno y receptor de quimiocinas Duffy (DARC, por sus siglas en inglés)”. Como su nombre lo indica, esta proteína, localizada en la superficie de los eritrocitos, tiene una función en la recepción de quimiocinas, que son unas proteínas que tienen un papel muy importante en algunos procesos del sistema inmune. Pero DARC también es reconocida por algunos patógenos, como Plasmodium, para entrar a los eritrocitos. La mutación que ocurre en el genoma de personas con anemia falciforme evita la producción de DARC y, obviamente, los eritrocitos sin DARC no pueden ser infectados por Plasmodium. Es como si DARC fuera el picaporte de una puerta de acceso a los eritrocitos, y sin DARC, la puerta simplemente no se abre, de modo que este parásito no puede entrar a dicha célula. Sin embargo, en estudios recientes se sugiere la posibilidad de algún tipo de interacción “perversa” entre DARC y el VIH. Un equipo de

investigadores estudió dos grupos de afrodescendientes: el primer grupo poseía la mutación DARC (la que genera la anemia falciforme), y el segundo grupo presentaba DARC en la superficie de los eritrocitos. También, se determinó el porcentaje de portadores de VIH en ambos grupos. Los resultados indican que aquellas personas con anemia falciforme tienen 40% más probabilidad de adquirir VIH-1 que aquellos sin la mutación DARC. Esto implica que, si la mutación DARC se puede asociar con la vulnerabilidad a adquirir VIH-1, cerca del 11% de los casos de infección por VIH en África se podrían asociar a la mutación, es decir, ¡poco más de 4 millones de personas (de un total de 38 millones) son susceptibles a la infección por VIH debido a que poseen esta mutación!

Todo esto puede sugerir que, en nuestro proceso evolutivo, una mutación que aleatoriamente nos protegió de la malaria, nos hizo vulnerables, en cierto grado, a la infección por un virus letal. Nuestra larga peregrinación evolutiva ha estado repleta de sobresaltos, de caprichos que nos impuso la naturaleza.

Nuestra evolución no ha sido un viaje en una monótona línea recta, sino una hazaña épica a través de un retorcido laberinto lleno de obstáculos del que hemos salido triunfantes hasta hoy. Pero esta aventura no la hemos recorrido solos. Siempre hemos estado acompañados. En algunas ocasiones, nuestros compañeros nos hicieron pasar momentos difíciles, y en otras nuestros acompañantes han facilitado nuestro viaje. Justo como Dawkins relataba en su libro, todas las especies con las que hemos convivido han sido maravillosos compañeros de viaje que con su guía han definido, de una forma u otra, el rumbo que seguimos.



Sobre el autor

El Dr. Arturo Sánchez-Paz es investigador titular encargado del Laboratorio de Virología del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste en Hermosillo, Sonora, México. Su investigación ha generado más de 50 artículos publicados en revistas científicas internacionales, y ha guiado y dirigido tesis de varios estudiantes de posgrado. Es miembro del SNI (nivel 2) y de la Academia Mexicana de Ciencias.

Cita:

Sánchez-Paz, A. (2024). Ménage à trois. *Biotecnológica Magazine*, 2(6), 33-39. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14681108>

La difícil carrera de ser investigador: ¿Qué pasa con los nuevos investigadores en carreras científicas?

Felipe Ascencio

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

ascencio@cibnor.mx

Hace 30 años el Dr. Marcelino Cerejido abordó en su libro “Ciencia sin seso, locura doble” una serie de reflexiones y análisis sobre la profesión científica y, revela en su libro (Cerejido, 1994) a los jóvenes aspirantes a investigadores los desafíos y dificultades que enfrentarán quienes quieran hacer ciencia en el seno de una cultura que no favorece la modernización y la articulación de sus aparatos científicos, tecnológicos y productivos, y apela a la autorreflexión de los practicantes de la ciencia, recordándoles que la investigación científica es ante todo una actitud ante la vida. Al igual que el Dr. Cerejido, el propósito de esta nota no es intimidar, apanicar o desalentar a los estudiantes para que desarrollen una carrera científica, sino que, por el contrario, el fin es ilustrar o informar sobre la realidad que actualmente se vive en una de las carreras laborales más satisfactorias que existen.

Hacer carrera como investigador no es sencillo. Se requiere mucho esfuerzo previo para conseguir un puesto de trabajo definitivo. En primer lugar, debes haber cursado licenciatura, maestría y doctorado; este último es crucial, pues en la actualidad ya no basta con tener el grado de maestro para dedicarte a la investigación. Dentro de tu formación profesional, es deseable que hayas realizado una o varias estancias posdoctorales y que constantemente hayas publicado artículos en revistas especializadas o incluso libros con los resultados de tus tesis.

Asimismo, que hayas expuesto tus hallazgos en congresos, coloquios, simposios, etc., y que, en algunos casos, tengas experiencia docente. Además de lo anterior, debes estar atento a las convocatorias para plazas de investigador en universidades y centros de investigación, así como en dependencias gubernamentales, pues es por este medio que se publican estas ofertas de empleo. Considera que deberás entregar, en algunos casos, proyectos de investigación relacionados con las líneas de trabajo del lugar y que mucha gente también desea ingresar, así que deberás prepararte muy bien para conseguir el puesto (MEXTUDIA 2024).

En un estudio reciente conducido por el Prof. Marek Kwiek, director del Instituto de Estudios Avanzados en Ciencias Sociales y Humanidades y del Centro de Estudios de Políticas Públicas de la Universidad AMU de Poznan, Polonia, y que fue publicado en la revista “Higher Education” ponen en evidencia que casi el 50% de los científicos abandonan la academia en los 10 años siguientes a la publicación de su primer artículo (Kwiek y Szymula 2024). El profesor Kwiek y su estudiante de doctorado Łukasz Szymula utilizaron datos de la base de datos de citas Scopus para cuantificar la deserción en ciencia. La deserción, definida como “dejar de publicar” en este contexto, se utilizó para construir un panorama del número de personas que optan por abandonar la investigación académica. El estudio se limitó a 16 disciplinas distribuidas en categorías de ciencia, tecnología,

ingeniería, matemáticas y medicina. Kwiek y Szymula rastrearon la producción académica individual de las dos cohortes hasta 2022. Específicamente de dos cohortes de científicos de 38 países: un grupo que comenzó a publicar en 2000 (integrado por 142,776 científicos, de los cuales el 36.5 % eran mujeres) y un grupo que comenzó a publicar en 2010 (integrado por 232,843, de los cuales el 41.72 % eran mujeres).

Kwiek y Szymula (2024) descubrieron que un tercio de la cohorte de 2000 había abandonado la ciencia dentro de los 5 años posteriores a la publicación de su primer artículo, y casi la mitad de la cohorte lo había hecho a los 10 años. En 20 años, un asombroso porcentaje de dos tercios de los científicos habían dejado de publicar. La tasa de deserción difería entre hombres y mujeres; en 2019, el 34 % de los hombres de la cohorte seguían publicando, en comparación con el 29 % de las mujeres. Sin embargo, las diferencias de género en la tasa de abandono fueron menores en la cohorte de 2010. En este grupo, el 41 % de las mujeres seguían publicando nueve años después de su primer artículo, en comparación con el 42 % de los hombres. Los autores afirmaron que, tradicionalmente, se ha creído que las mujeres abandonan la ciencia más y antes que los hombres. Si bien esto se confirma en cierta medida en la cohorte de 2000 para las cohortes más recientes, es posible que esta diferencia de género ya no esté presente, según plantean, “en el caso de las nuevas generaciones de científicos, la deserción en la ciencia ha ido en aumento y es muy alta (el 58.6 % de las mujeres y el 57.6 % de los hombres de la cohorte de 2010 desaparecieron de la ciencia o dejaron de

publicar en un plazo de 9 años), pero parece estar mucho menos condicionada por el género de lo que tradicionalmente se suponía” (Kwiek y Szymula 2024).

La decisión de abandonar la ciencia es compleja y está influenciada por factores personales y sistémicos. Hay muchas razones por las que una persona puede elegir dejar la ciencia: algunas motivaciones son compartidas y otras son únicas. Los autores de la publicación le pidieron a ex-académicos, que ahora trabajan en los sectores de la comunicación científica y la biotecnología, que hablaran sobre sus experiencias de dejar la academia y cómo esta decisión ha afectado a sus carreras y vidas personales.

Según el estudio de Kwiek y Szymula (2024) las principales razones por qué la gente elige “dejar” la ciencia se resumen de la siguiente manera:

1. Sentimiento generalizado de que los grupos de investigación, universidades y centros de investigación no apoyan lo suficiente a jóvenes investigadores para crecer académicamente como científicos. Por otro lado, en la industria hay programas que reconocen las habilidades y superación académica de los jóvenes científicos.
2. Existe la percepción de resentimiento hacia las políticas gubernamentales en materia de investigación científica. El gasto público destinado a la investigación científica no crece conforme a tasas inflacionarias, costo de las nuevas tecnologías en infraestructura y consumibles para investigación, innovación, y desarrollo tecnológico, y a la generación de nuevas plazas para la contratación de jóvenes investigadores.

3. Las recompensas al esfuerzo dedicado de los jóvenes científicos al trabajo de la investigación científica no son acordes a la magnitud de las presiones que reciben para cumplir con estándares de productividad científica.

4. Existe la presión constante de avanzar aceleradamente en la investigación científica. Los temas candentes de investigación cambian de un día a otro. En tanto que el tiempo necesario para especializarse en un campo específico no necesariamente coincide con el ritmo al que avanza la ciencia.

5. Existen señales alarmantes de una creciente prevalencia del síndrome de burnout como “fenómeno ocupacional” en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, lo que se puede reflejar en la salud mental.

6. Existe el sentimiento generalizado de que en el trabajo como investigador científico es muy difícil lograr un equilibrio entre el trabajo y la vida privada.

La ciencia académica es sin duda un entorno competitivo: hay recursos limitados y mucho trabajo por hacer. ¿Cómo se puede apoyar mejor a los investigadores para que gestionen los sentimientos de autoestima y defiendan sus capacidades? La disponibilidad de recursos públicos tan limitados para financiar proyectos de investigación genera el llamado “síndrome del impostor”, que es un problema de autoestima en los investigadores que puede estar relacionado con: comparación con sus pares académicos, evaluación del profesorado, reconocimiento público, el miedo anticipatorio a no saber si podrá continuar con financiamiento para investigación, y/o una falta percibida de competencia.

Otro problema en la ciencia académica es el requisito, en muchos casos, de realizar estancias de movilidad. Para seguir una carrera como investigador, existe una gran probabilidad de que debas aceptar contratos de trabajo temporales o de corto plazo por varias instituciones. Esto se debe en gran medida a que el aumento en el número de graduados de doctorado que ingresan al mercado laboral no corresponde con un mayor número de plazas disponibles en las instituciones. Enfrentar estos desafíos no contribuye a construir una vida estable.

Es un hecho que la decisión de abandonar la ciencia es compleja y está influenciada por factores personales y sistémicos. A medida que las tasas de deserción siguen aumentando, especialmente entre las nuevas cohortes de científicos, se deben realizar cambios universales en la forma en que se apoya a los investigadores en sus carreras y vidas personales. Las personas con talento se están alejando de la investigación académica, lo que, sumado a una reducción en el “carácter disruptivo” de la ciencia en los últimos años, es motivo de preocupación. Al respecto, recientemente en un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Minnesota, publicado en *Nature* (Park et al., 2023), sugiere que a pesar de la “expansión sin precedentes del conocimiento científico y tecnológico”, el ritmo de innovación en la ciencia se está desacelerando. La evidencia de esta desaceleración que el equipo de investigadores presentó en el artículo es la siguiente: i) Los estudios documentan la disminución de la productividad de la investigación en semiconductores, productos farmacéuticos y

otros campos; ii) los artículos, patentes e incluso solicitudes de subvenciones se han vuelto menos novedosos en relación con el trabajo anterior y es menos probable que conecten áreas dispares del conocimiento, ambos precursores de la innovación; y iii) la brecha entre el año del descubrimiento y la concesión de un Premio Nobel también ha aumentado, lo que sugiere que las contribuciones de hoy no están a la altura de las del pasado. En general, los investigadores sugieren que los artículos y patentes recientes hacen menos por “impulsar la ciencia y la tecnología en nuevas direcciones”.

Park et al. (2023) se plantearon la pregunta acerca de ¿por qué sucede esta desaceleración? La respuesta la encontraron después de analizar datos de 45 millones de artículos y 3.9 millones de patentes a lo largo de seis décadas (1945-2010), donde encontraron que es poco probable que la disminución de la capacidad disruptiva haya sido impulsada por las prácticas de citación o la calidad del trabajo que se ha publicado. En cambio, podría reflejar un cambio general en el panorama del establishment científico. Las cargas impuestas a un campo que, en términos simplistas, se esfuerza por proporcionar un enfoque imparcial para comprender nuestro mundo, siguen creciendo. Las escasas oportunidades de financiación, las limitadas opciones profesionales, los lentos procesos de revisión por pares y el temido paradigma de “publicar o morir” son solo algunos de los problemas que se destacan con frecuencia como barreras para la innovación. Por otro lado también, Park et al. (2023), sugieren la necesidad de observar con más atención las

instituciones científicas contemporáneas y si hay cambios que se puedan hacer para apoyar mejor la investigación que impulse a la ciencia en direcciones nuevas y valiosas.

¿Cuál es la solución? Para promover la ciencia y la tecnología disruptivas, Park et al. (2023), proponen que se anime a los académicos a leer mucho y se les dé tiempo para mantenerse al día con la rápida expansión de la frontera del conocimiento. “Las universidades y centros de investigaciones pueden dejar de centrarse en la cantidad y recompensar más fuertemente la calidad de la investigación, y tal vez subsidiar más plenamente los sabáticos de un año”. Adicionalmente, las agencias gubernamentales deberían invertir mayores cantidades de fondos en premios individuales “más arriesgados” y “de largo plazo” que apoyen carreras, en lugar de proyectos específicos.

Referencias:

- Kwiek M., Szymula L. 2024. Quantifying attrition in science: a cohort-based, longitudinal study of scientists in 38 OECD countries. Higher Edu. <https://doi.org/10.1007/s10734-024-01284-0>
- MEXTUDIA. 2024. Dedicarte a la investigación en México ¿cómo hacerlo? <https://mextudia.com/dedicarte-a-la-investigacion-en-mexico-como-hacerlo/>
- Park M., Leahey E., Funk RJ. 2023. Papers and patents are becoming less disruptive over time. *Nature*, 613(7942): 138-144. doi: 10.1038/s41586-022-05543-x.
- Cereijido M. 1994. Ciencia sin seso, locura doble. Siglo XXI Editores, S.A. de C.V. México, D.F. 287pp.



Sobre el autor

Dr. Felipe Ascencio.

Investigador Titular D y profesor en el CIBNOR,
SNI III. Responsable del Laboratorio de
Patogénesis Microbiana. Loop: 264286; Scopus:
57247070500; ORCI: 0000-0003-3515-8708

Cita

Ascencio Valle, F. (2024). La difícil carrera de
ser investigador: ¿Qué pasa con los nuevos
investigadores en carreras científicas?.
Biotecnológica Magazine, 2(6), 40-44.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14681123>



GRUPO DE BIOQUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA MICROBIANA

TIROSINASA

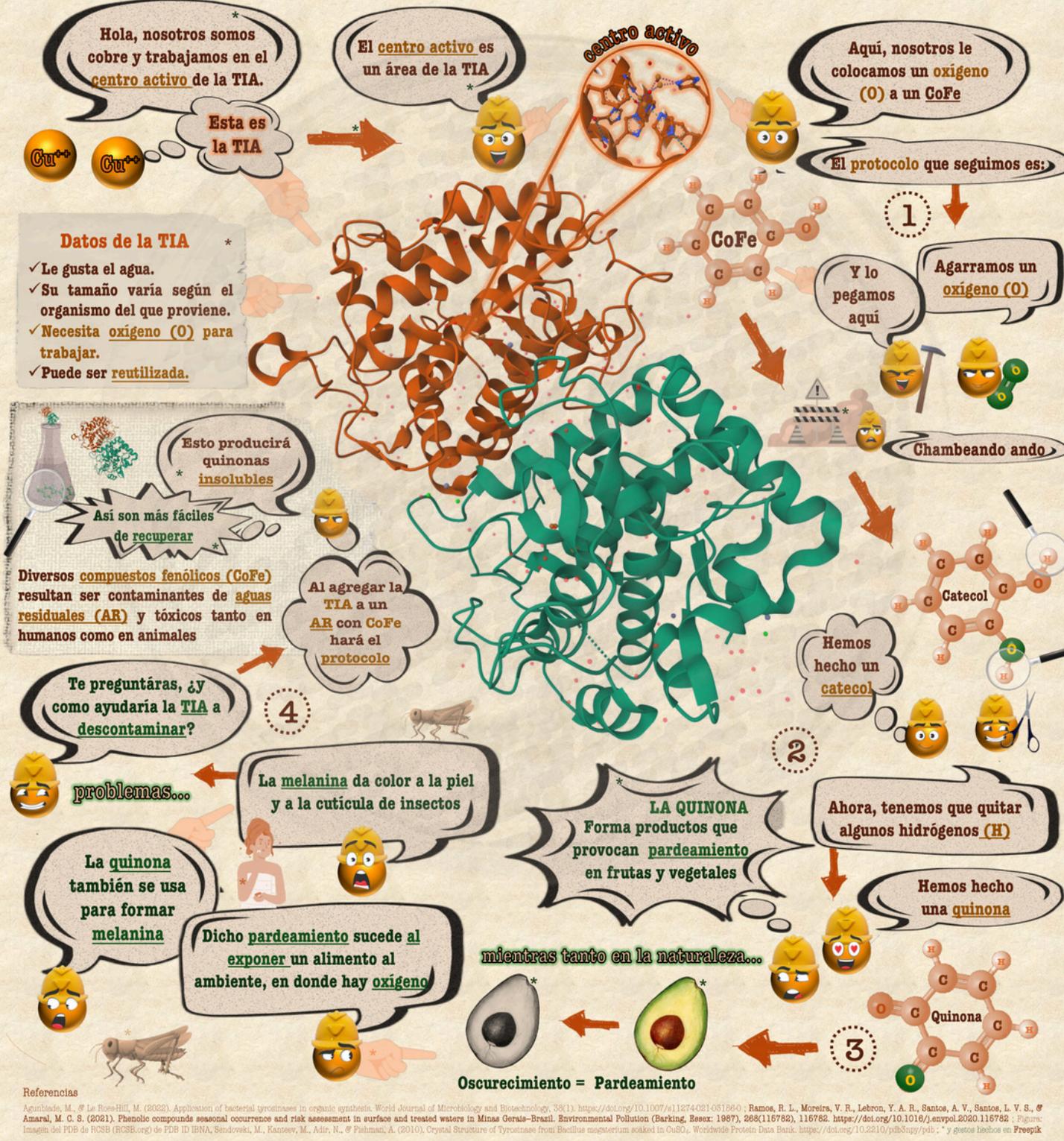
La clave en la descontaminación de fenoles



Jose Antonio Ceja Flores, Maria Zulema Juárez Cortés, César Salvador Cardona Félix



La **tirosinasa (TIA)**, es una enzima que se encuentra en diferentes organismos, como hongos, insectos, humanos y bacterias. Cuya función biológica es transformar **compuestos fenólicos (CoFe)** en catecoles y posteriormente en quinonas.



Referencias

Aguilante, M. & Le Rosa-Hill, M. (2023). Application of bacterial tyrosinases in organic synthesis. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(1). <https://doi.org/10.1007/s11274-021-05186-0>; Ramos, R. L., Moreira, V. R., Lebrun, Y. A. R., Santos, A. V., Santos, L. V. S., & Amaral, M. C. S. (2021). Phenolic compounds seasonal occurrence and risk assessment in surface and treated waters in Minas Gerais—Brazil. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 268(116782), 116782. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116782>; Figura: Imagen del PDB de RCSB (RCSB.org) de PDB ID 1BNA, Sandozaki, M., Kanosev, M., Adir, N., & Fishman, A. (2010). Crystal Structure of Tyrosinase from *Bacillus megaterium* soaked in CuSO₄. *Worldwide Protein Data Bank*. <https://doi.org/10.5210/ptb3gg/ptb>; * y gustos hechos en Presepik



Thermococcus gammatolerans

"El extremófilo ultrasensible"

Luque-Flores, Daniel¹; Juárez-Cortés, María Zulema² & Cardona-Félix, César Salvador²

¹ UAdO - Universidad Autónoma de Occidente

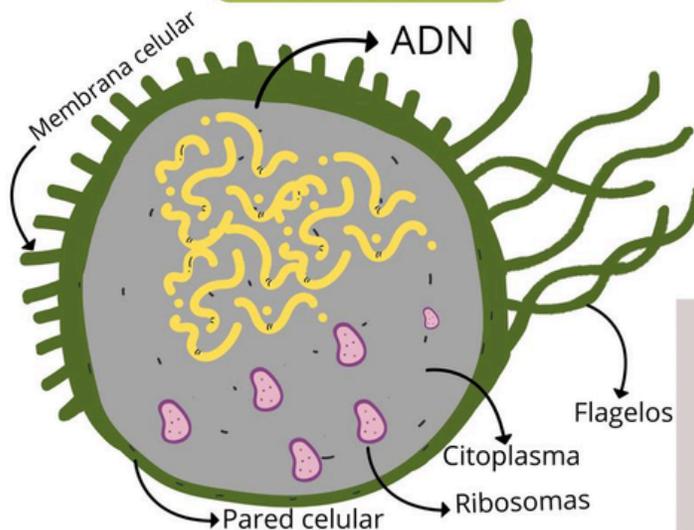
² CICIMAR - Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN

Un extremófilo es un organismo que vive en condiciones ambientales extremas (Temperatura, presión atmosférica, pH, radiación, entre otras).

Características biológicas

- Arquea** Grupo taxonómico
- Barófilo** Vive en presiones atmosféricas altas
- 0.5 - 1 µm** µm = Micrómetros
1 µm = 0.001 cm
- Anaeróbica** Respiración celular en ausencia de oxígeno
- Hipertermófila** Soporta altas temperaturas hasta 85°C
- Radioresistencia** Alta resistencia a la radiación ionizante

Estructura celular



Datos interesantes

- Puede sobrevivir aproximadamente 20 accidentes de Chernóbil a 300 m de distancia de la zona del reactor.
- Su resistencia se debe a mecanismos en el metabolismo del ADN por ejemplo:
 1. La enzima **RadA** le confiere una alta eficiencia en la recombinación homóloga (**HR**).
 2. La **HR**, es un proceso en el que **RadA** repara la doble cadena de ADN dañada por la radiación.

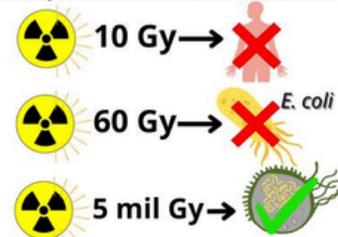
Biología

Aplicaciones enfocadas al medio ambiente como la biorremediación. Desde los derrames de petróleo, hasta la acumulación de residuos tóxicos en suelos y aguas.

Biología Molecular

Las enzimas como la ADN ligasa y ADN polimerasas de este microorganismo, son de interés en aplicaciones y técnicas de laboratorio como la PCR, secuenciación de ADN, entre otras.

Comparación de radiotolerancia



Gray (Gy) = Unidad de medida de la absorción de un cuerpo a la radiación.

Referencias bibliográficas

"La PCR es una técnica a través de la cual, se crean copias de un fragmento de ADN molde en varios ciclos"



CICLO LÍTICO
EL TRABAJO DESDE ADN TRO

Galaviz-Hernandez, Carlos Yair¹; Yáñez, Claudia²; Juárez-Cortés, María Zulema² & Cardona-Félix, César Salvador²
1 UAdeO - Universidad Autónoma de Occidente, 2 CICIMAR - Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN

Soy Frederick el bacteriófago y te explicaré uno de mis ciclo de vida.

El Ciclo lítico

En el medio natural el ciclo lítico de los bacteriófagos ayuda a regular poblaciones de bacterias.

ESTE CICLO ES:

- Rápido
- Destructivo
- Productor viral
- Infeccioso

Tiene 6 fases esenciales:

- 1-Fijación
- 2- Inserción
- 3- Acoplamiento
- 4- Síntesis
- 5- Ensamblaje
- 6- Lisis celular

1 Me anclo a la pared celular

2 Inyecto mi ADN

3 Mi ADN se integra al genoma bacteriano.

4 Se forman nuevas proteínas víricas

5 Los nuevos virus se forman

6 Las endolisinas comienzan a trabajar

Al final la bacteria estalla y los nuevos virus son libres

Peptidoglicano (Pared celular)

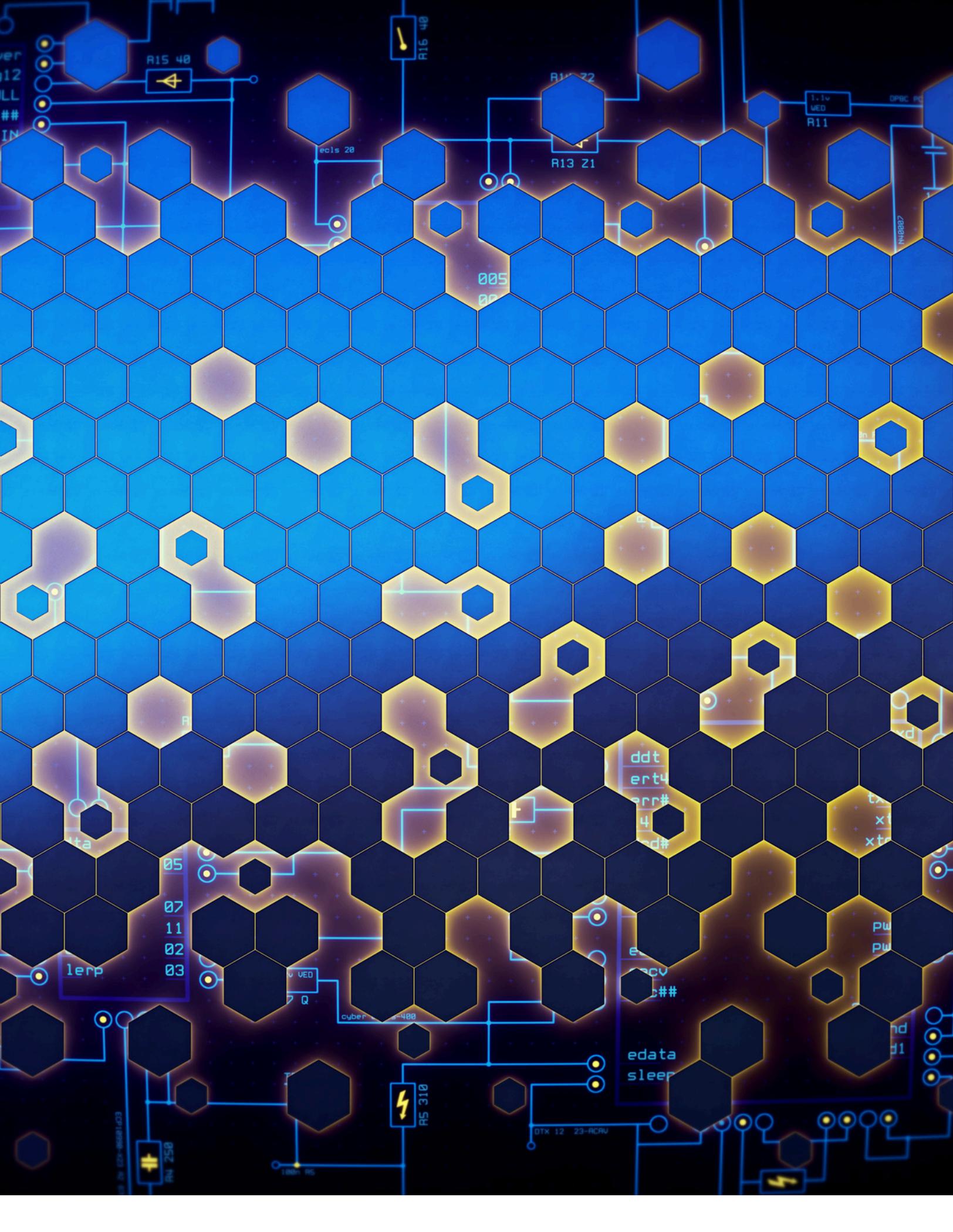
Degradar la pared celular

Que mi tamaño no los engañe, soy una endolisina y mi trabajo es romper la pared celular

Aparecen las endolisinas

Referencias

Cita:
Galaviz-Hernández, C. Y., Claudia, Y., Juárez Cortés, M. Z., & Cardona Félix, C. S. (2024). Ciclo Lítico. In Biotecnológica Magazine (Vol. 2, Number 6, p. 47). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14681162>



ver 12
LL

IN

R15 48

R16 48

R13 21

1.1v
MED
R11

ecis 28

005
00

ddt
ert4
err#
4
ed#

ta

lerp

05
07
11
02
03

VED
Q

cyber
488

edata
sleer

R5 310

DTX 12 23-RCRV

R15 250

R48887

in

vd

tx
x1
xtr

pw
pw

nd
d1