

BioteconoLógica

Magazine

Revista en línea de divulgación biotecnológica

Chiltepín: El oro rojo del Desierto Sonorense

GRACIA GÓMEZ-ANDURO, EFRAÍN PAYAN-CÁZARES, JULIO HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, JOSÉ MANUEL MELERO-ASTORGA

Vol. 1, Número 5

Noviembre-Diciembre 2023

www.biotmagazine.com



BIOTECNOLÓGICA MAGAZINE® año 2023, Vol. 1, No. 5, 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: En trámite; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. El contenido de los artículos y comunicaciones es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista del 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: Dra. Gracia Gómez Anduro

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



BiotecnoLógica Magazine

Revista digital de divulgación científica.

BiotecnoLógica 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.

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

ORGANISMO RESPONSABLE



BiotecnoLógica 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 Goretyt Caamal Chan - Biotecnología ambiental.

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

biotecnologicamagazine@gmail.com

www.biotmagazine.com

Facebook @biotecnoLogicamagazine

Instagram biotecnologicamagazine

Threads biotecnologicamagazine

ÍNDICE

VI EDITORIAL

- 1** *¿La crisis de vivienda provoca envejecimiento biológico prematuro?*

Felipe Ascencio Valle

- 6** *Chiltepín: El oro rojo del Desierto Sonorense*

Gracia Gómez-Anduro, Efraín Payan-Cázares, Julio Hernández-González, José Manuel Melero-Astorga

- 11** *¿El cómo, para qué y con qué de las conchas marinas? ¿Te lo habías preguntado?*

Marcela Velez Alavez, Crisalejandra Rivera Pérez

- 18** *Retos biomédicos en el tratamiento del autismo*

Felipe Ascencio Valle

- 28** *El agotamiento del potasio en suelos agrícolas amenaza el rendimiento de los cultivos de todo el mundo*

Felipe Ascencio Valle

EDITORIAL

Estimad@s Lector@s,

Quisiéramos aprovechar este editorial para agradecer a Ustedes el acompañamiento que nos han dado este primer año de existencia, pero también, y no menos importante a nuestros Autores Colaboradores y a los Editores Asociados, que con su entusiasmo y valiosa colaboración nos ayudaron a hacer posible que este proyecto que inició a principios del 2023, y que se cristalizó en su primer número en el mes de marzo, tenga un buen cierre de año y nos permita seguir evolucionando y creciendo como medio de divulgación de la ciencia a la sociedad.

Tendremos valiosas y novedosas sorpresas el próximo año tanto para nuestros lectores como para nuestros colaboradores, así que, a estar atentos, visitar nuestra página web, enviarnos sus contribuciones, opinar, leernos y recomendar y compartir nuestro contenido, es la forma más simple de crear una comunidad, que mientras más sólida, será más capaz de contribuir a la apropiación del conocimiento por la sociedad. No olviden que una sociedad informada es capaz de tomar decisiones, de cualquier índole, de manera consciente y de proponer soluciones a los problemas desde su propio entendimiento y experiencia.

Finalmente, no podemos olvidar el desearles un saludable, productivo y fructífero 2024!

Consejo Editorial Fundador

¿La crisis de vivienda provoca envejecimiento biológico prematuro?

Dr. Felipe Ascencio

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Avenida Instituto Politécnico Nacional #195, Colonia Playa Palo de Santa Rita. La Paz BCS 23097. México

Tema: Un nuevo estudio ha demostrado que alquilar una casa, en lugar de ser propietario, se relaciona con un envejecimiento biológico más rápido: el deterioro y la acumulación de daños en nuestras células. Los impagos repetidos y la exposición a la contaminación también pueden acelerar el envejecimiento biológico.

Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que una vivienda saludable es un refugio que propicia un estado de completo bienestar físico, mental y social. Una vivienda saludable proporciona una sensación de hogar y sentido de pertenencia, seguridad e intimidad. Una vivienda saludable también se refiere a su estructura física, y a la medida en que favorece la salud física (por ser estructuralmente sólida) y proporciona refugio ante: 1) las inclemencias del clima y el exceso de humedad, 2) facilita temperaturas confortables, saneamiento e iluminación adecuados, 3) suficiente espacio, combustible seguro o conexión a la red eléctrica, y 4) protección contra los contaminantes, los riesgos de traumatismos, el moho y las plagas. El hecho de que una vivienda sea saludable también depende de factores externos a sus paredes como lo son:

- La comunidad local, que facilita interacciones sociales que apoyan la salud y el bienestar.
- El entorno inmediato, y el acceso a los servicios, espacios verdes y opciones de transporte activo y público, así como protección contra los desechos, la contaminación y los efectos de los

desastres, ya sean naturales o provocados por el hombre (OPS, 2022).

De esta forma, la vivienda es uno de los derechos humanos, económicos y sociales establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y en los tratados internacionales suscritos por el Estado Mexicano: "contar con un sitio dónde vivir en condiciones dignas y humanas". Se considera que una vivienda adecuada, debe contar con los siguientes siete elementos: seguridad en la tenencia de la tierra (propiedad); disponibilidad de servicios (agua, luz, drenaje), materiales, instalaciones e infraestructura (alumbrado público, banquetas, carreteras, etc.); asequibilidad, habitabilidad, accesibilidad, ubicación y adecuación cultural.

¿Por qué el contar con una vivienda afecta nuestra salud y acelera el envejecimiento biológico?

En una investigación realizada por investigadores de la Universidad Vrije (Holanda) y de la Universidad de Richmond (E.E. U.U.) se encontró que, en el sexo

masculino, el tabaquismo, el sobrepeso y la depresión aumentan la edad biológica o fisiológica (ver glosario) (Jansen et al., 2021). Pero recientemente, un grupo de investigadores de la Universidad de Adelaida (Australia) y de la Universidad de Essex (Reino Unido) publicaron un trabajo que aporta evidencias experimentales de que alquilar una casa en lugar de ser propietario está relacionado con un envejecimiento biológico más rápido (Clair et al., 2023).



Figura 1. Crisis habitacional en Baja California Sur. (A) Colonias marginadas de Los Cabos, BCS (<https://zetatijuana.com/2022/02/nuevas-invasiones-en-los-cabos/>); (B) Invasión de predios en zonas de altos riegos en Los Cabos (<https://elinformantebcs.mx/politicos-provocaron-invasiones-en-cabo-san-lucas-prometen-para-ganar-votos-diputado/>); (C) Condiciones de vivienda en colonias marginadas de La Paz (<https://www.bcsnoticias.mx/baja-california-sur-ha-registrado-el-porcentaje-mas-bajo-de-pobreza-extrema-del-pais/>); (D) Colonias marginadas de la ciudad de La Paz, BCS (<https://nbes.mx/?p=129906>).

Circunstancias de la vivienda e impactos en la salud.

Los vínculos entre las circunstancias de la vivienda y la salud (tanto física como mental) están bien establecidos. El frío, el moho, el hacinamiento y los riesgos de lesiones causados por la vivienda pueden tener un profundo impacto en la salud. Para descubrir cómo este tipo de circunstancias de vivienda pueden ejercer efectos negativos para la

salud, Clair y colaboradores (2023) diseñaron un estudio para medir los cambios en la edad biológica obteniendo información a través de encuestas sociales y datos epigenéticos de muestras de sangre, con el fin de evidenciar cómo las diferentes circunstancias de la vivienda pueden afectar el envejecimiento biológico.

¿Cómo se mide la edad biológica?

Medir la edad cronológica es fácil, pero ¿cómo se puede medir la edad biológica?

Las modificaciones químicas de nuestro ADN, conocidas como cambios epigenéticos, son una medida prometedora; el mejor ejemplo es la metilación (ver glosario). Esta modificación del ADN consiste en la adición de grupos químicos al ADN, conocidos como grupos metilo, que afectan la forma en que nuestros genes se expresan en proteínas. Los niveles de metilación del ADN cambian naturalmente con la edad cronológica, pero el aumento de la edad biológica está relacionado con estilos de vida sedentarios,

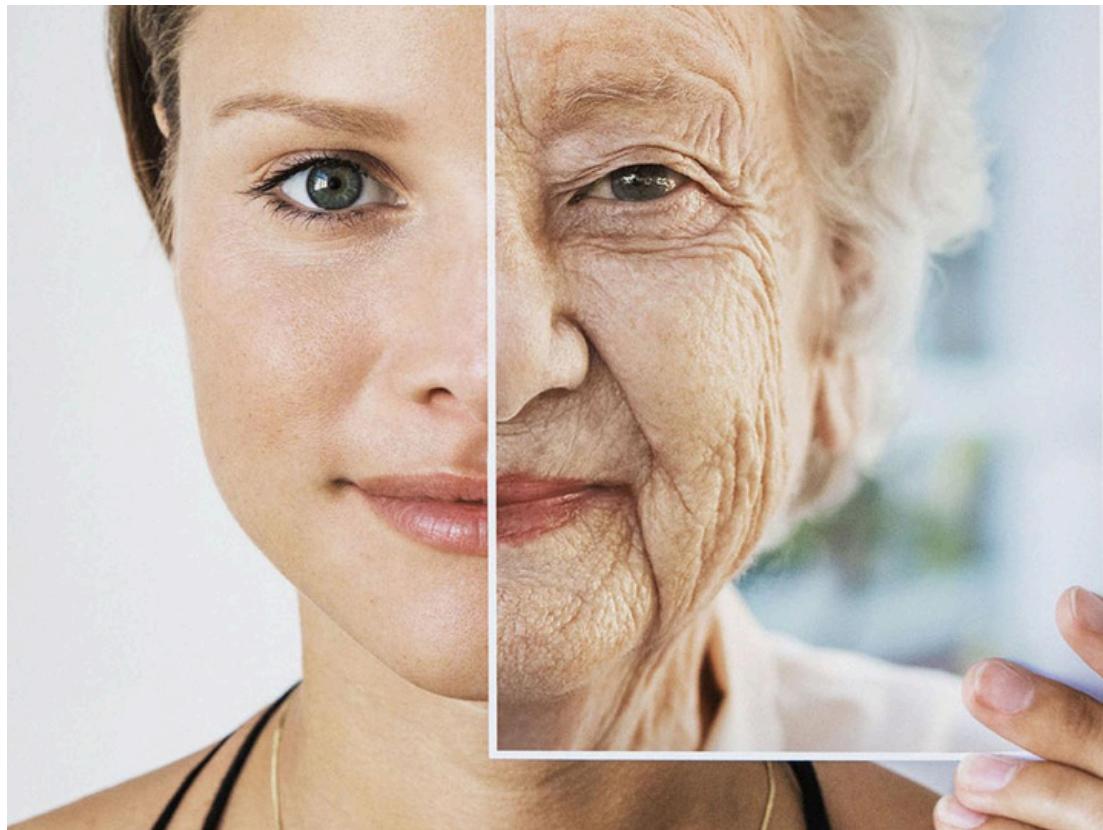


Figura 2. Envejecimiento biológico vs envejecimiento cronológico (tomado de <https://www.thebrighterside.news/post/groundbreaking-discovery-made-in-biological-aging>).

El alquiler privado está vinculado a un envejecimiento biológico más rápido.

En el estudio realizado por los investigadores de Australia y Reino Unido, se usó información de dos bases de datos: 1) el Estudio Longitudinal de Hogares del Reino Unido y 2) la Encuesta de Panel de Hogares Británica. Se extrajo información sobre la tenencia de la vivienda, el tipo de edificio, la calefacción central y la ubicación (urbana vs rural), así como elementos psicosociales como atrasos en los pagos, costos, hacinamiento y expectativas/preferencias de mudanza. La información de salud se investigó utilizando datos de metilación del ADN obtenidos de muestras de sangre de 1420 participantes que participaron en el Panel de Encuesta de Hogares Británicos (Clair et al., 2023).

El análisis de los datos sugiere que alquilar una vivienda de forma privada está asociado con un envejecimiento biológico acelerado y que este impacto es casi el doble que el de estar sin trabajo o tener un empleo remunerado. Sin embargo, los investigadores también encontraron que estos efectos eran reversibles, aún después de considerar otros factores potencialmente importantes como el sexo de los individuos, su nacionalidad, su educación, su dieta, el estrés acumulativo y el tabaquismo. Por otro lado, en el estudio no se encontraron diferencias en el envejecimiento biológico de quienes viven en viviendas sociales, lo que asocian con menores costos y tenencia a largo plazo, en comparación con la propiedad absoluta. Las circunstancias históricas de la vivienda, como los repetidos retrasos en la compra de viviendas y la exposición a la contaminación/problemas

ambientales, también se asociaron con un envejecimiento biológico más rápido (Clair et al., 2023). Esta investigación sugiere que los problemas de vivienda pueden tener un mayor impacto en el envejecimiento biológico en comparación con otros factores sociales como el desempleo, lo que indica que las intervenciones de salud podrían potencialmente extenderse para incluir la mejora de la vivienda. No obstante, los resultados no se puede establecer la causa, ya que se trató de un estudio observacional, por lo que la investigación debe profundizar más ya que hubo limitaciones en los datos de metilación del ADN, pues procedían únicamente de encuestados europeos blancos.

Conclusiones

A diferencia de los grandes murciélagos marrón (*Eptesicus fuscus*), que se someten a periodos de hibernación como estrategia para sobrevivir periodos en los que escasea el alimento, el humano no puede detener su reloj biológico usando esta estrategia, que en los murciélagos marrones aumenta la longevidad de la especie como resultado de mecanismos de control de cambios epigenéticos (Sullivan et al., 2022).

En México, al menos el 26.6% de la población vive algún tipo de riesgo o hacinamiento (por el déficit de vivienda en nuestro país) (CONAVI, 2023), la crisis de vivienda se agrava cada año, en gran parte por: el continuo aumento de la población a partir de los años 60, el desplazamiento de la población rural hacia las grandes áreas urbanas y la imparable alza en el precio de la vivienda popular, entre otras. Para calcular la carencia de vivienda adecuada, los censos de

población y vivienda deben de incorporar variables que permitan cuantificar carencias en materia de ubicación, adecuación cultural, habitabilidad, seguridad de la tenencia, accesibilidad, asequibilidad y disponibilidad de servicios de la vivienda. Si bien, las conclusiones del trabajo de Clair (Clair et al., 2023) sugieren que las difíciles circunstancias de la vivienda afectan negativamente la salud a través de un envejecimiento biológico más rápido, el envejecimiento biológico es reversible lo que ponen en evidencia la importancia del potencial de los cambios en las políticas de vivienda para mejorar la salud de la población.

Referencias

- Brighter. 2023. Groundbreaking discovery made in biological aging. The Brighter Side of News newsletter, oct 13 2023. <https://www.thebrighterside.news/post/ground-breaking-discovery-made-in-biological-aging>. Consultado 29 de octubre del 2023.
- CONAVI. 2022. Actualización del rezago habitacional. Censo de Población y Vivienda 2020. <https://www.gob.mx/conavi/documentos/actualizacion-del-rezago-habitacional>. Consultado 29 de octubre del 2023.
- Clair A, Baker E, Kumari M. 2023. Are housing circumstances associated with faster epigenetic ageing? J Epidemiol Community Health. Epub ahead of print: 10 October 2023. <https://jech.bmjjournals.org/content/jech/early/2023/08/17/jech-2023-220523.full.pdf>
- Jansen R., Han L.K.M., Verhoeven J.E., Aberg K.A., van den Oord E.C.G.J., Milaneschi Y., Penninx B.W.J.H. 2021. An integrative study of

five biological clocks in somatic and mental health. eLife, 10:e59479. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.59479>

OPS. 2022. Directrices de la OMS sobre vivienda y salud. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://doi.org/10.37774/9789275325674>.

Sullivan IR, Adams DM, Greville LJS, Faure PA, Wilkinson GS. 2022. Big brown bats experience slower epigenetic ageing during hibernation. Proc. R. Soc. B289:20220635. <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.0635>

Glosario

Edad cronológica: Es la edad de una persona con respecto a los años desde su nacimiento. Esto es lo que la mayoría de la gente define como la edad, por ejemplo, si un niño tiene 11 años, fueron 11 los años que pasaron desde su nacimiento.

Edad biológica: Es una medida del funcionamiento fisiológico y la salud de un individuo en relación con su edad cronológica (es decir, su edad real en años). Esto incluye el estado en el que se encuentran las células, los órganos, y la eficiencia de los procesos que nos mantienen vivos. La edad biológica, es una combinación de factores genéticos y de estilo de vida que reflejan el daño acumulado por nuestras células y tejidos a lo largo del tiempo. Esto significa que la edad biológica de una persona puede diferir de su edad cronológica.

Cita:

Ascencio-Valle, F. (2023). ¿La crisis de vivienda provoca envejecimiento biológico prematuro?. Biotecnológica Magazine, 1(5), 1-5. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10479436>

Epigenética: Estudio de los cambios que activan o inactivan los genes sin cambiar la secuencia del ADN, a causa de la edad y la exposición a factores ambientales (alimentación, ejercicio, medicamentos y sustancias químicas). Los compuestos químicos que se agregan a genes individuales pueden regular su actividad. Estos cambios modifican el riesgo de enfermedades y a veces pasan de padres a hijos.

Metilación del ADN: El ADN está formado por cuatro bases, llamadas citosina, guanina, adenina y timina, las famosas letras GATC que salen en las películas cuando alguien mira una secuencia genética. Pues bien, a la citosina se le puede pegar una terminación química llamada grupo metilo, un átomo de carbono y tres de hidrógeno. Cuando esto ocurre, esa zona del ADN está metilada y el gen al que corresponde no se expresa. Es decir, esa parte del "molde" se bloquea para crear moléculas nuevas como, por ejemplo, proteínas, enzimas, neurotransmisores, hormonas y todo lo que nuestro organismo necesita.



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

Chiltepín: El oro rojo del Desierto Sonorense

Gracia Gómez-Anduro^{*1}, Efraín Payan-Cázares², Julio Hernández-González¹, José Manuel Melero-Astorga¹

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, 23096 La Paz, B.C.S., México. e-mail: ggomez@cibnor.mx

²Costas y Bosques Sustentables S.C. Av. S. Allende N° 2864, Col. Industrial El Palmito, Culiacán, Sinaloa, México. 80160.

Tema: Se presenta al chiltepín como una oportunidad para la recuperación económica de comunidades rurales del desierto sonorense, que además de dar un toque picante a la comida tradicional mexicana, encapsula la riqueza cultural, histórica, ecológica y de salud para quien la consume.

Introducción

El chiltepín (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*), conocido como “el oro rojo del desierto sonorense”, “chiltepe”, “chiltepín”, “pico de pájaro”, “chile de monte”, “chile piquín”, es una joya culinaria tradicional y conocida por el pueblo mexicano. Su distribución natural va desde el sur de Estados Unidos hasta el noroeste de Sudamérica, sin embargo, el presente trabajo se basa en semilla de chiltepín del desierto sonorense. Éste pequeño chile silvestre se abre paso como una opción para la recuperación de comunidades rurales agrícolas, pues no sólo añade el característico picor a la comida, sino que encapsula la riqueza cultural, histórica, ecológica y de salud de quien la consume.

Historia y Cultura

La historia del chiltepín se entrelaza con las comunidades indígenas que han habitado la región por siglos. Para ellos, este pequeño chile representa la conexión de su cultura con el fruto de la tierra. Tradicionalmente las comunidades Yaquis y Mayos han transmitido de generación en generación el conocimiento de los lugares de recolección, uso y significado en rituales ceremoniales como: ofrenda a la

madre tierra en agradecimiento por la cosecha, en rituales de curación, rituales espirituales de protección, celebraciones culturales, entre otros (Bañuelos, et al. 2008; Ramírez-García, et al. 2020).

Sabores y usos culinarios

¿Quién no conoce alguna de las recetas tradicionales con chiltepín?, en donde más que un condimento, es un elemento clave en la gastronomía de salsas, caldos de carne, ceviches, carne asada, panelas con chiltepín, chilorio, machaca y pescado con chiltepín. Sin duda alguna un excelente toque que puede ser considerado en la comida gourmet de los mejores chefs de comida mexicana como: Gabriela Cámara, Margarita Carrillo Arronte, Enrique Olvera, Ricardo Muñoz Zurita y la experta en cocina mexicana Diana Kennedy; impulsando su presencia en la escena culinaria internacional.

Valor medicinal y nutricional

Además de su potencial en la cocina, el chiltepín posee propiedades medicinales reconocidas en la medicina tradicional, tales como:

1. Propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Debido a que los chiltepines, al igual que otros chiles picantes, contienen compuestos antioxidantes y antiinflamatorios como la capsaicina, que reducen el estrés oxidativo y la inflamación en el cuerpo.

2. Efecto analgésico y tópico. La capsaicina que se encuentra en el chiltepín y otros chiles, se utiliza en algunos productos tópicos como pomadas y parches para el alivio del dolor.

3. Beneficios cardiovasculares. Aunque no existen investigaciones científicas concluyentes al respecto, se ha sugerido que el chiltepín puede tener beneficios para la salud cardiovascular, reduciendo niveles de colesterol y mejorando la circulación sanguínea.

4. Propiedades antimicrobianas y antifúngicas. Se ha investigado el potencial antimicrobiano de la capsaicina y carotenoides del chiltepín, sugiriendo que tienen propiedades antimicrobianas y antifúngicas (Rodríguez-Maturino, et al. 2015).

5. Estimulación del metabolismo. Se ha sugerido que los chiles picantes, debido a su alto contenido de capsaicina, podría tener efecto en el aumento del metabolismo y la quema de calorías, lo que lo pone en la mira como estrategia para el control del peso.

Sostenibilidad y conservación

La popularidad del chiltepín ha llevado a desafíos de conservación de las poblaciones silvestres, que se han visto severamente disminuidas por las malas prácticas de recolección (Mc Caughey-Espinoza, et. al. 2020). Tal es el caso de Álamos Sonora, en

donde actualmente requieren comprar chiltepín de otros municipios o estados para cubrir la demanda que tienen por el turismo. Los proyectos de reforestación de chiltepín, se han realizado como prácticas aisladas de grupos organizados que se preocupan por la desaparición de las poblaciones silvestres. Sin embargo, no se tiene registrado un proyecto formal, dirigido y de alto impacto que documente la recuperación de poblaciones silvestre.

Cultivo y manejo sostenible

En los últimos 5 años, el cultivo del chiltepín ha evolucionado de la recolección silvestre a la adaptación de prácticas agronómicas más sistematizadas, siendo los estados de Sonora y Sinaloa los más avanzados en éstas prácticas agrícolas. Imagina que ahora, podemos ver cultivos de chiltepín sembrados a cielo abierto como si fuera trigo o maíz. Es decir, se han logrado cultivos de chiltepín sin uso de malla sombra, ni invernaderos, lo que abarata mucho el costo de producción del fruto y maximiza las ganancias. Estamos hablando que para sembrar una hectárea de chiltepín se requiere una inversión que va de los \$100,000 a los \$600,000 pesos (dependiendo de la calidad del suelo, agua y que tan sofisticado se quiera hacer el cultivo), incluye desde la labranza hasta la pepena.

El precio del fruto seco va de los \$650 a \$1,800 pesos por kg en el mercado nacional (\$3,000 a \$5,000 en internacional) lo que lo pone en la mira de productores rurales que sueñan con volver a tener una vida digna con el fruto del producto de sus campos. Considerando que una hectárea de chiltepín puede producir entre 300 kg a 1,200 kg de chiltepín seco, estamos hablando que la recuperación por ventas en el mercado nacional podría ser de hasta \$1,500,000 pesos, ya descontando el gasto de inversión.

1 HA DE CULTIVO DE CHILTEPÍN A CIELO ABIERTO

INVERSIÓN: \$100,000- \$600,000 pesos

PRODUCCIÓN: 300-1,200 Kg seco

PRECIO DEL FRUTO: \$650-\$1,800 kg seco

RECUPERACIÓN HASTA DE \$1,500,000 pesos



Lo más interesante de esto, es que la planta de chiltepín en cultivo intensivo puede durar 1.5 años produciendo fruto 3 veces por año, por lo que se ahorra la primera inversión en la compra de planta para el segundo año. En el caso del chiltepín silvestre, la planta puede durar aproximadamente 8-10 años porque no se encuentra produciendo de manera intensiva los frutos.

Promover el cultivo de este fruto del desierto, es sin duda el motivador principal de los autores de este artículo, quienes hemos divulgado a través de diferentes medios los beneficios y bondades del producto. Es importante señalar, que para que el fruto sea de calidad comercial, se requiere que se tenga la semilla o plántulas, con manejo agronómico adecuado, así como

el secado que asegure mantener las características de sabor y picor del fruto. Es por ello, que realizamos diversos talleres, asesorías, seguimiento a los productores interesados en la siembra de chiltepín y se les entrega semilla para que puedan iniciar su cultivo. ¿Qué necesita tener un productor para sembrar chiltepín?, básicamente tierra, agua y mano de obra para el campo.

Actualmente, contamos con plantas de chiltepín adaptadas para crecer en Sonora, Sinaloa y Baja California Sur. Hemos observado que este cultivo es bondadoso y altamente resistente a las inclemencias del clima. Puede soportar temperaturas extremadamente elevadas, como las que se experimentan en el estado de Sonora, así como la salinidad y la sequía (aunque esta última afecta su producción). También es resisten

te huracanes, como los que afectan a Baja California Sur (López-Aguilar, et al. 2012). Lo único que aún no hemos logrado es desarrollar plantas que puedan resistir el frío. Estamos trabajando arduamente para lograrlo, a pesar de que las heladas pueden afectar su producción.

Todo el trabajo que hemos realizado para la producción, cultivo, manejo y cuidados del chiltepín, lo documentamos en un manual con fotografías y detalles técnicos que se proporcionan al productor para que puedan tener una guía para montar su sistema de producción. Éste manual, se encuentra disponible en CIBNOR.

Desafíos y oportunidades

A pesar de su encanto, el chiltepín sigue enfrentando grandes desafíos, desde la pérdida de hábitat, perdida de poblaciones silvestres, pérdida de variabilidad genética, hasta la presión comercial. El precio de éste valioso fruto del desierto lo pone en la mira de muchos productores que trabajan con la esperanza de volver a vivir del fruto del trabajo de sus tierras.

Los retos para alcanzar el máximo potencial de mercado de este fruto, lo destacamos en dos puntos concretos de acción y un último punto de conservación:

1. Organización de productores rurales para alcanzar la producción necesaria para firmar contratos de exportación. Existen mercados con alta demanda del producto chiltepín, tales como Japón y Estados Unidos, en espera de que logremos producir las cantidades suficientes de chiltepín con la calidad, forma y tamaño que demanda su

mercado. Es por ello, que se requiere organizar al menos 30 productores por estado, que se comprometan a sembrar y cuidar media hectárea de chiltepín y con ello asegurar al menos un contrato de exportación por 5 a 10 toneladas de chiltepín seco por año.

2. *Solicitar la denominación de origen del chiltepín para el desierto sonorense que abarca Sonora, Sinaloa y Baja California Sur.* Esta acción, aportaría al hecho de dar valor agregado al fruto, haciéndolo aún más atractivo para su cultivo. A mediados del 2009 el estado de Sonora analizó la posibilidad de hacer la solicitud de denominación de origen, esto derivado de que el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD) ya tenía datos científicos de la composición de metabolitos de interés para la industria. Sin embargo, en ese momento no fue posible hacer la solicitud, debido a que no se tenía un sistema de cultivo, manejo y producción que asegurara que se podría generar el producto para la comercialización. Es importante señalar, que, al dar denominación de origen sin tener un sistema de producción, se ponen en riesgo las poblaciones silvestres por la potencial sobre-explotación que generaría el alto valor del fruto. Hoy en día, ya se tiene cubierto éste requisito y solamente se requiere la voluntad, coordinación y trabajo de los gobernadores de los tres estados para realizar la solicitud.

3. *Apoyar iniciativas de reforestación de poblaciones silvestres de chiltepín.* Es importante que se generen estrategias de protección del germoplasma y mantenimiento de la variabilidad genética, dicho de otra manera, debemos preservar poblaciones silvestres que mantengan las características tradicionales del chiltepín.

¿Esto por qué?, porque cuando se domestica un cultivo, se van seleccionando semillas con ciertas características, lo que hace que se pierdan otras características, lo que conocemos como “pérdida de la variabilidad genética”. Y ¿qué puede pasar si se pierde la variabilidad genética?, que tendremos cultivos “iguales” sembrados masivamente y si a uno le ataca una plaga o enfermedad, se podrán perder todos los cultivos por igual. Sin embargo, si mantenemos las poblaciones silvestres que guardan toda “variabilidad genética”, tendremos una amplia variedad guardada para resistir algunas plagas y enfermedades.

Conclusiones y perspectivas

En éstas cuartillas, hemos resumido la riqueza que encierra el “oro rojo del desierto sonorense”, desde su historia, usos y el estatus actual que guarda la producción para la incorporación al mercado internacional. A medida que el mundo descubra y aprecie más de su valor, será necesario asegurar la preservación de las poblaciones silvestres para garantizar su legado y garantizar que las futuras generaciones puedan disfrutar del legado del desierto sonorense. Sin duda alguna, el chiltepín se perfila como el fruto del desierto que mantiene la interconexión entre el sabor, la historia, la naturaleza, la cultura y la cocina mexicana.

Cita

Gómez-Anduro, G., Payan-Cazares, E., Hernández-Gonzalez, J., & Melero-Astorga, J. M. (2023). Chiltepín: El oro rojo del Desierto Sonorense. Biotecnológica Magazine, 1(5), 6-10. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10479476>

REFERENCIAS

1. Bañuelos, N., Salido, P.L., Gardea, A. 2008. Etnobotánica del chiltepín. Pequeño gran señor en la cultura de los sonorenses. Estudios sociales 16(32), 7-29.
2. López-Aguilar, R., Medina-Hernández, D., Ascencio-Valle, F., Troyo-Diéz, E., Nieto-Garibay, A., Larrinaga-Mayoral, J.A., Arce-Montoya, M., Gómez-Anduro G.A. 2012. Comparative physiological responses to salt stress in cultivated and wild *Capsicum* species. African Journal of Biotechnology 11(11), 2642-53.
3. Mc Caughey-Espinoza, D. M., Buitimea-Cantúa, G.V., Buitimea-Cantúa, N.E., Ayala-Astorga, G.I., Ochoa-Meza, A. (2020). Propiedades fisicoquímicas y rendimiento de frutos de chile chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* Dunal) cultivados bajo diferentes condiciones de crecimiento. Idesia 38(3), 77-86.
4. Ramírez-García, A.G., Montes-Rentería, R., Ramírez-Miranda, C.A. y Rodríguez-Sauceda, E.N. 2020. Plantas con valor de uso para la etnia Yaqui en Sonora, México. RA XIMHAI 16(4) 159-184.
5. Rodríguez-Maturino, A., Troncoso-Rojas, R., Sánchez-Estrada, A., González-Mendoza, D., Ruiz-Sánchez, E., Zamora-Bustillos, R., Ceceña-Duran, C., Grimaldo-Juárez, O., Aviles-Marin, M. 2014. Efecto antifúngico de extractos fenólicos y de carotenoides de chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) en *Alternaria alternata* y *Fusarium oxysporum*. Revista argentina de microbiología 47(1), 72-77.

Sobre el autor:

Investigador Titular interesado en la aplicación de ciencia para el desarrollo de comunidades rurales a través de proyectos productivos y generación de valor agregado a productos de sector primario.

¿El cómo, para qué y con qué de las conchas marinas? ¿Te lo habías preguntado?

Marcela Vélez Alavez, Crisalejandra Rivera Pérez*

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

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

*Autor de correspondencia: crivera@cibnor.mx

Tema y enfoque: Cuando has visitado la playa (y explorado entre la arena), el mercado de tu comunidad (buscando pescados y mariscos), o algún restaurante (donde encuentras productos del mar para degustar), seguramente te has topado con estos organismos tan particulares y sumamente populares en la gastronomía, los cuales desempeñan un papel crucial en el medio ambiente. ¿Alguna vez te has preguntado por qué las almejas tienen una estructura sólida en su exterior? ¿Qué son y para qué sirven estas cubiertas duras, de colores y formas tan diversas? Bueno, vamos a revisar la información al respecto.

Primero lo primero, ¿Qué son los moluscos?

Así es, las conchitas que encontramos entre la arena de la playa o las almejas que están en la sección de pescados del mercado local pertenecen al grupo de los moluscos. Este es el segundo grupo más abundante dentro de los invertebrados, ubicado después de los artrópodos (como insectos y arañas), y es uno de los más grandes del reino animal. Además, es uno de los más diversos en su morfología (Castillo-Rodríguez, 2014). La mayoría de las especies que lo conforman son marinas, aunque también los moluscos encuentran en ambientes terrestres y de agua dulce. Son conocidos como los “ingenieros de los ecosistemas” debido a sus diseños únicos y llamativos. Su éxito evolutivo y ecológico se atribuye en gran parte a la presencia de un esqueleto externo (la concha) que les proporciona soporte estructural y protección contra depredadores y otros factores ambientales estresantes. Además, contribuye al mantenimiento de su “homeostasis fisiológica” (regulación de las funciones de su cuerpo).

En general, el cuerpo de los moluscos está conformado, aunque no en todos los casos, por tres zonas que son fáciles de distinguir: la cabeza, que puede presentar diferentes estructuras sensoriales; un pie muscular; y la masa visceral, la cual está cubierta por una delgada capa llamada manto. Esta zona es importante, ya que secreta proteínas responsables de la generación de un esqueleto calcáreo duro (más adelante retomaremos esa parte) conocido como concha, formando una cavidad que alberga las branquias y los sistemas digestivo, genital y de desecho del animal (Fig. 1); el agua del medio ambiente circula a través de esta cavidad. Una característica única es la presencia de la rádula (a excepción de los bivalvos), que es una estructura dentada que funciona a manera de “lijas” durante la alimentación.

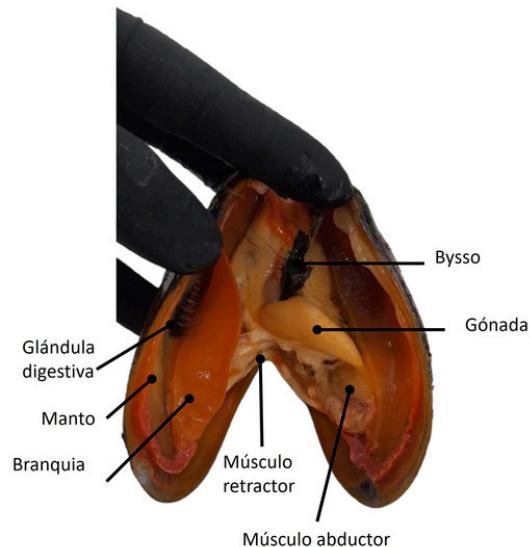


Figura 1. Mejillón *Mytilus californicus*, donde se observan diferentes tejidos.

Los registros fósiles indican que fueron los moluscos quienes, por primera vez, desarrollaron tejido externo duro hace más de 500 millones de años. Este grupo ha experimentado una exitosa evolución desde la prehistoria, en gran parte debido a su habilidad para construir conchas que funcionan como protección y que están compuestas principalmente de carbonato de calcio (Nagasawa, 2013).

Uno de los grupos de moluscos más ampliamente distribuidos en el medio ambiente marino y en agua dulce son los bivalvos. Vamos a enfocar nuestra atención en ellos debido a las características de su ciclo de vida, que les confieren una gran importancia ecológica. Además, son de gran relevancia para las pesquerías de todo el mundo y tienen importancia directa para el consumo humano.

Bivalvos ¿Qué clase de animales son?

Dentro de este grupo se encuentran, entre otras especies, las almejas, ostras y mejillones. Estos moluscos se caracterizan por tener un cuerpo suave, comprimido

lateralmente, y completamente cubierto por la concha. Esta última se distingue por tener dos valvas (de ahí el origen de su nombre) conectadas por un ligamento elástico que mantiene cerrado el espacio de la cavidad del manto. Son especies que carecen de una cabeza distinguible, así como de ojos y tentáculos. Se alimentan mediante la filtración y, en su mayoría, viven fijos al sustrato que se encuentra en el fondo marino.

¡Lo que tienes que saber sobre la composición de las conchas de los bivalvos! En términos generales, las conchas de los moluscos se organizan en tres capas: la capa más externa se llama periostraco (protege la concha), la zona intermedia (ostraco) y la capa más interna (hipostraco). La formación de la concha implica la secreción de una matriz orgánica compuesta principalmente de proteínas. Todas sus capas están compuestas por cristales de carbonato de calcio muy bien organizados, con menos del 5% de material orgánico en su composición. Se ha demostrado que existe una increíble variedad de proteínas involucradas en este proceso. Una de las principales proteínas de la matriz es la Prismalina, la cual concentra iones de calcio para el proceso de calcificación (Ivanina, 2017). Otra forma de identificar las capas de las conchas en bivalvos es considerando dos capas mineralizadas; la capa interna nacarada y la capa prismática externa, las cuales están compuestas de diferentes variedades de carbonato de calcio como aragonita y calcita, respectivamente (Figura 2). Las secreciones celulares del manto (centro y margen del manto) son la materia prima para su formación.

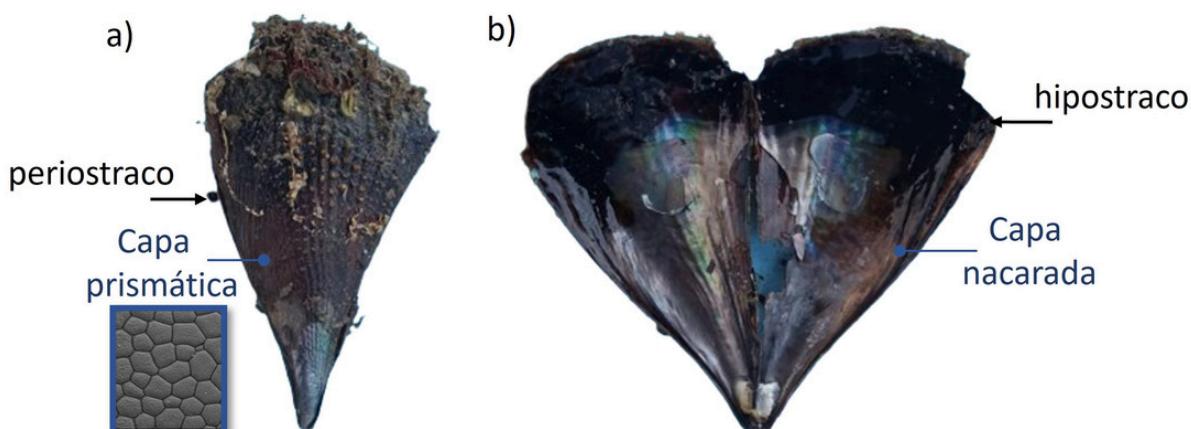


Figura 2. Concha de *Atrina maura* (callo de hacha) donde se indican las partes (flechas negras) y composición (líneas azules) de la concha. a) Parte externa de la concha, b) parte interna de la concha. Recuadro azul representa la capa prismática de la concha a nivel microscópico, foto tomada mediante Microscopía Electrónica de Barrido.

Las conchas de los bivalvos son estructuras complejas compuestas por compuestos minerales y orgánicos. Poseen una organización única y propiedades mecánicas más sofisticadas en comparación con los carbonatos de calcio geológicos. La formación de la concha está regulada por un proceso biológico (biomineralización) que permite a estos moluscos construir y mantener sus conchas en diferentes ambientes, incluso en aquellos que no son favorables para la obtención de minerales.

El estudio de la estructura de las conchas de los moluscos se lleva a cabo principalmente mediante microscopía para examinar su conformación física. En cuanto al análisis de los genes y proteínas involucrados en el proceso de formación de estas conchas, se realiza principalmente a través de la evaluación de transcriptomas, que representan la colección de todos los genes expresados en una célula en diferentes condiciones, y proteomas, que se centra en el estudio de las proteínas expresadas; a nivel molecular, se examinan los genes y proteínas.

¿Qué es la biomineralización?

Cada molusco está constituido por compuestos orgánicos e inorgánicos. Los compuestos inorgánicos pueden existir como iones solubles y como minerales sólidos, incluyendo cristales y acumulaciones no cristalinas. Estos materiales sólidos inorgánicos son utilizados por los organismos para diversos propósitos como: defensa contra depredadores, mantenimiento de la estructura corporal, masticación y procesos de detoxificación, entre otros ejemplos. La mayoría de estos materiales inorgánicos están hechos de diversas variedades de calcio, como carbonato, fosfato y sulfato de calcio. El fosfato de calcio se destina principalmente a la formación de huesos y dientes en los vertebrados, mientras que el carbonato de calcio se encuentra ampliamente distribuido en tejidos duros, incluyendo las conchas de moluscos, exoesqueletos de crustáceos y esqueletos de coral (Nagasaki, 2013).

La biominerización es el proceso mediante el cual los organismos vivos producen de manera controlada estructuras hechas a base de minerales, que pueden adoptar formas de cristales ordenados o amorfos, a partir de iones inorgánicos mediante un proceso celular, como sucede en la formación de las perlas. En la naturaleza, el proceso de mineralización suele requerir altas temperaturas y/o presiones. Un ejemplo de esto es la formación de diamantes, que, una vez pulidos y cortados, se consideran piedras preciosas. Sin embargo, antes de alcanzar ese estatus, son simplemente formaciones minerales generadas a partir de moléculas de carbono. Estas moléculas, sometidas a una elevada presión y temperatura en la corteza terrestre, experimentan una transformación en su estructura molecular, dando origen a lo que conocemos como la piedra preciosa.

Los organismos capaces de producir biomateriales también generan diversas moléculas que interactúan con estos iones, permitiendo la formación de estructuras en condiciones ambientales atmosféricas. No obstante, es importante aclarar que no estamos sugiriendo la producción de diamantes dentro de los bivalvos. Sin embargo, existen dos fenómenos que seguramente has escuchado: el primero de ellos es la formación de "piedras" en riñones, principalmente identificadas en humanos y otros pequeños mamíferos con los que convivimos habitualmente, como nuestros perros y gatos. Este fenómeno resulta de la acumulación de diversos minerales que afecta la salud, es decir, se vuelve patológico para quienes lo presentan. En este caso, la alimentación de estos organismos y el pH de los órganos donde se forman desempeñan un papel importante en su desarrollo.

El segundo caso, del que seguramente has oído hablar, es la formación de perlas en una especie de ostra conocida popularmente como ostra perlera. A diferencia de los diamantes, estas perlas resultan de la entrada de una partícula desconocida a la ostra. Como parte de un sistema de defensa, la ostra secreta sustancias minerales formadoras de concha para recubrir esta partícula, iniciando la formación de una perla. Por cierto, estas perlas pueden considerarse como piedras preciosas debido a sus tonalidades llamativas, tamaño y tiempo de formación. Debido a su valor económico y su compleja microestructura en la concha, la ostra perlera es una de las especies de moluscos más interesantes para estudiar el proceso de biominerización. Por lo tanto, este proceso tiene una gran importancia económica en la industria de la acuacultura y la perlería.



Figura 3. Ostra perlera China. Fotografía: SvetlanaSF a través de Canva.

Importancia del estudio de la formación de las conchas

Los bivalvos son un grupo de gran interés en el estudio de las respuestas biológicas ante modificaciones medioambientales, principalmente debido a su importancia ecológica y económica. Sus cualidades durante el desarrollo, como ser 'sésiles' (que se fijan a un lugar), su distribución global, la exposición a cambios en su entorno, como concentraciones de oxígeno, y su capacidad para acumular contaminantes, los convierten en buenos bioindicadores de condiciones medioambientales.

La formación de la concha en bivalvos y moluscos en general desempeña un papel crucial como estrategia de adaptación, protección y estructura en la conformación de una comunidad de organismos, incluso para aquellos que no son moluscos. Pueden funcionar como sustrato para algunas otras especies animales. Los estudios que se han desarrollado en los últimos años han ganado mayor atención recientemente y están enfocados en su caracterización y cambios en su conformación. Estos estudios nos permiten entender si alguna situación en particular que cause estrés en estos organismos puede afectar la salud, distribución o incluso la supervivencia de alguna especie en particular. Esto, a su vez, impactaría directamente en la estructura del ecosistema.

Por otro lado, sabemos que la formación de las conchas deriva de una compleja serie de reacciones químicas que resultan en un intercambio iónico para producir una estructura determinada. Si las condiciones ambientales en las que se llevan a cabo estas organizadas

reacciones químicas cambian drásticamente, podrían ocasionarse problemas importantes en el proceso de biominerización de los bivalvos, afectando de manera significativa el desarrollo de su ciclo de vida. Esto nos lleva casi inmediatamente a preguntarnos: ¿Cómo puede afectar el calentamiento global a estas especies?

¿Cuál es la biotecnología detrás de las conchas marinas?

El estudio de las conchas marinas ha revelado valiosas perspectivas en el ámbito de las aplicaciones biotecnológicas. La información obtenida acerca de la biominerización en estos organismos ha inspirado avances significativos en la fabricación de materiales biomiméticos. Por ejemplo, la comprensión detallada de la composición química y estructural de las conchas ha conducido al desarrollo de materiales sintéticos con propiedades similares, como resistencia y ligereza, que son fundamentales en la creación de implantes médicos y dispositivos biomédicos. Además, el conocimiento de las proteínas específicas involucradas en la formación de las conchas ha allanado el camino para aplicaciones en ingeniería de tejidos y regeneración ósea. Estas aplicaciones biotecnológicas demuestran cómo el estudio de las conchas marinas no solo amplía nuestra comprensión de la vida marina, sino que también contribuye de manera significativa al avance de la medicina y la ingeniería biomédica (Green et al., 2015).

Conclusiones y perspectivas

En conclusión, el estudio de la fisiología de los moluscos y la formación de sus conchas no solo profundiza nuestro entendimiento de la biología marina, sino que también abre puertas a aplicaciones biotecnológicas innovadoras. Comprender los mecanismos fisiológicos detrás de la biominerilización en moluscos proporciona información valiosa para la creación de biomateriales sintéticos con propiedades excepcionales, cruciales en el campo biomédico. La implementación de este conocimiento tiene el potencial de revolucionar la fabricación de implantes médicos y dispositivos, mejorando la calidad de vida de pacientes. Además, la identificación de proteínas específicas en el proceso de formación de conchas allana el camino para aplicaciones en ingeniería de tejidos y regeneración ósea. Estas perspectivas no solo enriquecen la investigación marina, sino que también prometen contribuciones significativas al avance de la medicina y la biotecnología biomédica, abriendo nuevas posibilidades para la innovación y la mejora de la salud humana.

Referencias

- Buddawong, T., Asuvapongpatana, S., Suwannasing, C., Habuddha, V., Sukonset, C., Sombutkayasith, C., McDougall, C., Weerachatyanukul, W. (2021). Calcineurin subunit B is involved in shell regeneration in *Haliotis diversicolor*. *PeerJ*, 9:e10662, 1-18.
- Castillo-Rodríguez, Z. G. (2014). Biodiversidad de moluscos marinos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl., 85, 419-430.

- Green, D., Kwon, H., Jung, H. (2015). Osteogenic potency of Nacre on human mesenchymal stem cells. *Molecules and Cells*, 38(3), 267-272.
- Hüning, A. K., Lange, S. M., Ramesh, K., Jacob, D. E., Jackson, D. J., Panknin, U., Gutowska, M. A., Philip, E. E. R., Rosenstiel, P., Lucassen, M., Melzner, F. (2016). A shell regeneration assay to identify biominerilization candidate genes in mytilid mussels. *Marine Genomics*, 27, 57-67.
- Ivanina, A. V., Falfushynska, H. I., Beniash, E., Piontkivska, H., Sokolova, I. M. (2017). Biomineralization-related specialization of hemocytes and mantle tissues of the pacific oysters *Crassostrea gigas*. *Journal of Experimental Biology*, 220(18), 3209-3221.
- McDougall, C., Degnan, B. M. (2018). The evolution of mollusc shells. *WIREs Developmental Biology*, 7(3), 1-13.
- Nagasawa, H. (2013). The molecular mechanism of calcification in aquatic organisms. *Bioscience Biotechnology Biochemistry*, 77(10), 1991-1996.

Glosario

Biomimético: se refiere a la práctica de imitar, inspirarse o tomar ideas del mundo natural para diseñar, fabricar y resolver problemas en diversos campos, como la ingeniería, la arquitectura, la medicina, la informática y otros.

Cita:

- Vélez-Alavez, M., & Rivera-Perez, C. (2024). ¿El cómo, para qué y con qué de las conchas marinas? ¿Te lo habías preguntado?. *Biotecnológica Magazine*, 1(5), 11-17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10479514>

Sobre los autores

Marcela Velez Alavez. Posdoctorante del Laboratorio de Bioquímica en CIBNOR, interesada en el proceso de estrés en diferentes organismos marinos.

Crisalejandra Rivera Pérez. Investigador Titular A interesada en el estudio de la fisiología de invertebrados marinos y el aprovechamiento de estos para aplicaciones biotecnológicas.

Retos biomédicos en el tratamiento del autismo

Dr. Felipe Ascencio

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Avenida Instituto Politécnico Nacional #195, Colonia Playa Palo de Santa Rita. La Paz BCS 23097. México

Tema: Gracias al desarrollo de las herramientas biotecnológicas se han logrado avances en la comprensión del papel de la genética en las enfermedades humanas, en particular, los trastornos del neurodesarrollo. Mediante cambios revolucionarios en la tecnología secuenciación de nueva generación, el establecimiento de modelos celulares y animales, el análisis de programas informáticos y la bioinformática, se han creado nuevas oportunidades para realizar evaluaciones clínicas y opciones de pruebas genéticas más detalladas y rápidas para pacientes que presentan trastornos del desarrollo neurológico, discapacidad intelectual y el trastorno del espectro autista (TEA). La capacidad de proporcionar diagnósticos tempranos a trastornos hereditarios ha dado lugar al desarrollo de ensayos clínicos que conducen a nuevos tratamientos para atender hasta al 3% de la población mundial con discapacidades del desarrollo, para quienes existen importantes comorbilidades, altos costos de por vida además de la carga emocional asociada de vivir con condiciones que antes se consideraban intratables.

Introducción

El Trastorno del Espectro Autista o TEA, es una discapacidad del desarrollo neurológico caracterizada por movimientos restrictivos y repetitivos, y deficiencias en la comunicación e interacción social (Asociación Estadounidense de Psiquiatría, 2013). El TEA, generalmente, se manifiesta con una amplia gama de comorbilidades que incluyen afecciones morfológicas (macrocefalia), fisiológicas (problemas gastrointestinales y/o del sueño) y psiquiátricas (depresión, ansiedad, problemas de conducta). Además, los niños con TEA pueden presentar condiciones médicas concurrentes como: epilepsia, parálisis cerebral, discapacidad auditiva y visual (Burnham-Riosa et al., 2024).

Entre las causas del TEA mas frecuentes (hipótesis), se pueden mencionar:los trastornos fisiológicos y metabólicos, que

involucran inmunidad, estrés oxidativo y disfunción mitocondrial. No existe cura farmacológica para el TEA, sin embargo, el diagnóstico temprano (entre los 12 a 18 meses de edad) y la intervención, aunado a los servicios de recuperación, son muy beneficiosos para los pacientes. El número de personas diagnosticadas con TEA ha aumentado dramáticamente en los últimos 40 años (incidencia), afectando actualmente a 1 de cada 115 niños en México (y 1 de cada 160 niños en el mundo), una cifra que es consistente a nivel mundial, entre grupos étnicos y socioeconómicos y lo presentan 5 veces más hombres que mujeres (Fig. 1). Debido a esto, se ha generado una enorme presión en los sectores de educación, salud y servicios sociales para desarrollar programas y políticas para abordar este desafiante trastorno (Styles et al., 2020).

neurológico. Estos conceptos tienen una historia influenciada por el surgimiento de una psiquiatría empírica de los 1960s-1970s, que tomó decisiones estratégicas al centrarse en observaciones precisas y repetibles de un "fenotipo conductual", excluyendo al mismo tiempo el estado mental y el yo experimentado (Green, 2023).

El autismo en México en cifras (Secretaría de Salud)

En el 2016 un estudio hecho organización Autismo Speaks revelo que, en la ciudad de León Guanajuato, México, 1 de cada 115 niños tenia TEA.

Casi 1% de todos los niños en México, alrededor de 400 mil, tienen autismo. Debido a que éste es el primer estudio de prevalencia en México, no se puede comparar esto con la prevalencia en años previos, pero para comparación, hace 20 años se pensaba que el autismo afectaba a uno de cada mil o menos niños en EU. Así que 400 mil niños es un número muy importante y un problema urgente de salud pública en México.

Clínica de la Conducta y de las Emociones del Hospital Psiquiátrico Infantil "Dr. Juan N. Navarro" de la Secretaría de Salud, atiende cada año 305 nuevos pacientes, representa 12 por ciento de la población de consulta externa., ubicando al TEA en tercer lugar de

2. Etiología genética y epigenética subyacente al TEA

La etiología del TEA implica una interacción compleja entre la herencia y factores ambientales influenciados por la epigenética. El TEA es un trastorno genético diverso, con una proporción hombre-mujer de 4:1 y más de 800 genes relacionados, reconocidos con cientos de aberraciones cromosómicas, docenas de síndromes identificados y una compleja interacción entre la herencia y los factores ambientales (Fig. 2). Las nuevas interacciones gen-proteína con análisis de vías y funciones moleculares han identificado al menos tres vías funcionales que incluyen el modelado de cromatina (niveles de condensación de la cromatina), Wnt, Notch y otras vías de señalización y alteraciones metabólicas que involucran el crecimiento neuronal y los perfiles de las espinas dendríticas. Se estima en alrededor del 50 % de las personas diagnosticadas con TEA, también se identifican delecciones o duplicaciones cromosómicas, algunos síndromes como los de Williams, Phelan-McDermid o Shprintzen velocardiofacial, o trastornos en un solo gen (Genovese y Butler, 2023).

En el TEA las experiencias pasadas pueden moldear el comportamiento actual y futuro a través de mecanismos que alteran la expresión genética en células individuales, conjuntos de células u organismos completos. Estas experiencias (en particular, adversidades crónicas y eventos estresantes agudos) pueden tener consecuencias clínicas como las que se diagnostican en el TEA.



Figura 1. El Trastorno del Espectro Autista (TEA), en números (tomado de Fundación Unidos por el Autismo, A.C.).

1. Escala de Observación para el Diagnóstico del Autismo (o ADOS por su acrónimo en inglés), que es una prueba de referencia para la evaluación y el diagnóstico del autismo y de los trastornos generalizados del desarrollo en individuos de distintas edades y niveles de desarrollo del lenguaje.

2. Entrevista para el Diagnóstico del Autismo (o ADI por su acrónimo en inglés), que consiste en una entrevista clínica estructurada para el diagnóstico de los trastornos del espectro autista.

3. Entrevista Diagnóstica para los Trastornos Sociales y de Comunicación (o DISCO por su acrónimo en inglés), que es una entrevista diagnóstica para los trastornos Sociales y de comunicación.

Además de un panorama mixto de características clínicas relacionadas, entre las que incluyen "rasgos autistas" sub-umbrales, trastornos de la comunicación social y mezclas con otros síndromes del desarrollo

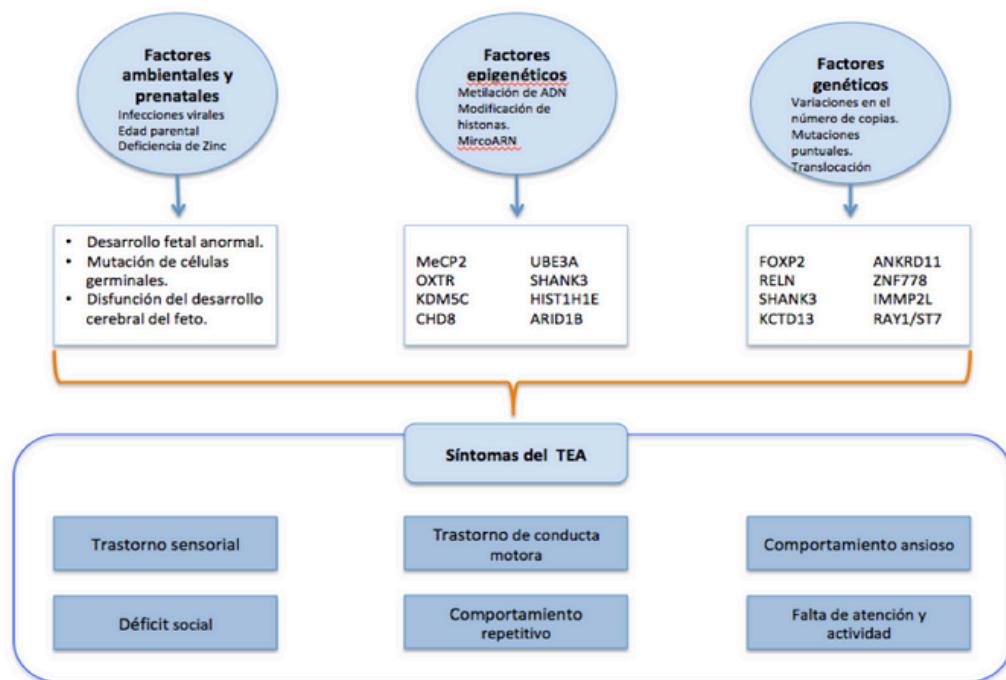


Figura 2. Descripción general completa de las diversas etiologías del TEA. Aunque aún no se ha identificado la etiología y patogénesis definitivas subyacentes al TEA, la evidencia acumulada ha identificado varios factores de riesgo, que incluyen factores ambientales, genéticos y/o epigenéticos (Yoon et al., 2020).

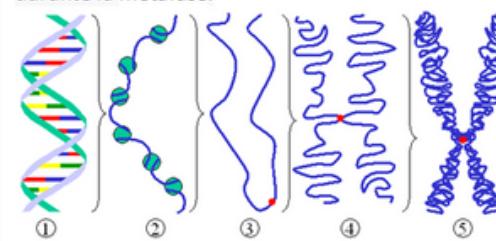
Sin embargo, el TEA no es sólo consecuencia de adversidades ambientales, sino también de funciones discretas del ADN, variantes monoalélicas mutantes y mecanismos reguladores que controlan la transcripción, el empalme, la estabilidad y la traducción de genes cercanos o distantes. Además, las condiciones ambientales que han moldeado la fisiología, la salud y el estilo de vida humanos a lo largo de los últimos 10.000-15.000 años han dejado una huella indeleble en las células individuales que imparten una susceptibilidad mejorada o atenuada al resultado de la enfermedad (Torres et al., 2023).

Para saber más 1

Vías de señalización Wnt: son un grupo de vías de transducción de señales formadas por proteínas que transfieren las señales del exterior de una célula a través de la superficie receptora hasta su interior.

Vía de señalización Notch: es un sistema de señalización celular altamente conservado en los animales, para controlar los destinos celulares mediante la amplificación y consolidación de diferencias entre células adyacentes.

Modelado de cromatina: Los niveles de condensación de la cromatina van desde la doble hélice del ADN (1) Hebra simple de ADN; (2) Hebra de cromatina (ADN con nucleosomas, conformados por histonas, "cuenta de collar"); (3) Cromatina durante la interfase con centrómero; (4) Cromatina condensada durante la profase (dos copias de ADN están presentes); y 5) Cromosoma durante la metafase.



3. Factores de riesgo asociados a la prevalencia del TEA

Si bien, es difícil cuantificar el nivel de afluencia en personas con fenotipos de TEA, se han identificado varios factores conocidos al aumento en el diagnóstico clínico, estos factores incluyen: la ampliación de los criterios de diagnóstico; mayor eficiencia con el tiempo en los métodos de identificación de casos utilizados en encuestas; cambios en las prácticas de diagnóstico, y la sustitución (o cambio) de diagnóstico cuando algunas categorías de diagnóstico se vuelven cada vez más familiares para los profesionales de la salud y/o cuando se asegura el acceso a mejores servicios mediante el uso de una nueva categoría de diagnóstico (Styles et al., 2020). De manera general los factores de riesgo asociados a la prevalencia del TEA se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores de riesgo asociados a la prevalencia del TEA.

	Factor de Riesgo			
1. Comorbilidades				
2. Factores de riesgo genéticos				
3. Factores de riesgo ambientales	a. Factores de riesgo prenatales	i. Edad de los padres	ii. Salud física materna	iii. Salud mental materna
		iv. Uso materno de medicamentos prenatales		
	b. Estado socioeconómico familiar			
	c. Otros factores de riesgo prenatal			
	d. Factores de riesgo posnatales			

4. Tratamientos y manejo de TEA

Las terapias no-farmacológicas pueden aliviar parcialmente los síntomas del autismo. A pesar de la ausencia de datos suficientes, los efectos terapéuticos de los tratamientos psicológicos y conductuales, la estimulación cerebral y las terapias dietéticas parecen tener una base teórica en la neurobioquímica y la transducción de señales en personas con autismo. En cuanto a las terapias farmacológicas, a la fecha, no hay medicamentos disponibles para tratar los

Para saber más 2

Etiología: ciencia que estudia la causa u origen de una enfermedad.

Epigenética: rama de la genética que estudia los cambios en la expresión de los genes que no se deben a alteraciones de la secuencia de DNA y que son hereditarios. Hay dos tipos principales de modificaciones epigenéticas: la metilación del ADN y la modificación de las histonas. Las modificaciones epigenéticas actúan como interruptores que encienden y apagan la expresión de un gen (que se traduzca o no a proteína). Cualquier tipo de célula tiene patrones epigenéticos especializados y, en caso de enfermedad, también cambian los patrones epigenéticos.

Trastorno heterólogo: alteración en el desarrollo del cerebro que comienza en los niños antes de los tres años de edad y ocasiona alteración cualitativa de distintos elementos: la interacción social, de la comunicación y patrones de comportamiento, intereses y actividades restringidos, repetitivos y estereotipados.

Variantes monoalélicas mutantes: La mutación causante de una determinada enfermedad puede aparecer en uno o en ambos cromosomas del par. Cuando aparece en un cromosoma se denomina mutación en heterocigosis (mono-alélica); cuando aparece en los dos se llama mutación en homocigosis (bi-alélica).

defectos centrales de pacientes con TEA. Las terapias farmacológicas se usan para manejar conductas adaptativas adversas y comorbilidades como el sueño y la ansiedad (que no pueden controlarse mediante la terapia conductual). Los nuevos avances en terapia génica, como el reemplazo de genes, la edición de genes CRISPR-Cas9, la traducción de oligonucleótidos, etc., han impulsado, hasta

cierto punto, el desarrollo de la terapia génica como una nueva estrategia para el tratamiento personalizado. Sin embargo, es necesario prestar atención a los posibles vínculos entre los sistemas moleculares bioquímicos, los circuitos neuronales y las variables ambientales para optimizar los enfoques terapéuticos para el autismo, especialmente porque en el autismo coexisten frecuentemente múltiples trastornos clínicos y comorbilidades relevantes (Wang et al., 2023).

5. Inversiones en la industria farmacéutica en afecciones relacionadas con el cerebro

Los datos de BioCentury, que rastrea las inversiones en biotecnología, muestran que la inversión de capital de riesgo en biotecnología alcanzó una cifra récord de 51 mil millones de dólares en 2021, y el índice de biotecnología NASDAQ alcanzó un máximo histórico en septiembre de ese año. Sin embargo, desde entonces el ánimo se ha enfriado.

Tabla 2. Estrategias terapéuticas para el TEA.

Estrategia Terapéutica	
Terapia no-farmacológica	Ventajas/Desventajas
Estimulación cerebral no-invasiva	Regulación de la excitabilidad cortical. Buena tolerabilidad. Comportamiento, mejora cognitiva.
Exosomas	Los exosomas estimulan la actividad sináptica.
Terapia celular	Estado pro-inflamatorio reducido. Mejorar las habilidades sociales. Reducir el número de irritables.
Terapias emergentes	Desequilibrio E/I. Traducción transcripcional. Modificaciones postraduccionales de anomalías epistáticas. OXT, AVP. Antagonistas de opioides. Pioglitazona.
Suplementos dietéticos (diferentes dietas, antioxidantes, vitaminas, minerales, hierbas medicinales, cannabidiol, fitonutrientes, fitoquímicos, nutracéuticos, microbiomas).	Reducción de la hiperhomocisteinemia. Reducir el desequilibrio de la flora intestinal. Mejora del comportamiento.
Intervenciones conductuales	Integración social. Intercambio de idiomas. Regulación emocional.
Terapia farmacológica	Ventajas/Desventajas
Melatonina	Sueño, ansiedad, digestión. Pocos efectos secundarios.
α-Adrenérgicos	TDAH y comportamiento disruptivo.
Inhibidores 5-HT	Aliviar las dificultades sociales.
Anti-psicóticos	Mitigar el autoataque. Reducir los comportamientos repetitivos. Aumento de peso, temblores.
Terapia celular	Ventajas/Desventajas
Células hematopoyéticas de médula ósea Células madre mesenquimática (MSC) Células madre de tejido adiposo (SVF) Células madre fetales	Previene neurodegeneración. Reducir el estado pro-inflamatorio. Mejora habilidades sociales.
Terapia génica	Ventajas/Desventajas
Traducción dirigida y regulación epigenética	FMR1 TSC1/2 MECP2 SHANK3 Neurexinas (NRXN's). Neuroliginas (NLGN's). Mejorar la disfunción sináptica y la interacción social.

Tabla 3. Empresas biotecnológicas que trabajan con Autismo.

Compañía	Área de investigación	Descripción
Appiture Biotechnologies	Diagnóstico de autismo	La empresa utiliza tecnología biométrica y décadas de experiencia médica para encontrar formas innovadoras de detectar el trastorno del espectro autista.
Autism Learning Partners	Servicios de salud autismo	Compañía líder de la industria en terapias para el autismo orientadas a la familia, basadas en evidencia. Su modelo combinado y su enfoque naturalista se adaptan a cada caso individual, lo que permite a los médicos practicar con pasión el arte de su ciencia y, al mismo tiempo, brindar a los pacientes y sus familias las habilidades, los recursos y la confianza que necesitan para progresar y convertirse en unidades familiares exitosas y efectivas.
BioStream Technologies	Juegos de software para autismo	Desarrollar una terapia con videojuegos para niños en el espectro del autismo.
Confluence Pharmaceuticals	Enfermedad genética, autismo, terapéutica	Tratamientos para el autismo y el síndrome X frágil.
Lineagen	Pruebas genéticas, autismo	Lineagen ofrece pruebas genéticas para niños con trastorno del espectro autista y retraso en el desarrollo.
STALICLA	Neurobiología, Medicina Personalizada, Autismo	STALICLA ha desarrollado la primera plataforma de medicina de precisión específica para trastornos del neurodesarrollo con una aplicación inicial en el TEA.
SynapDx	Enfermedades genéticas, diagnóstico de autismo.	Diagnóstico de autismo.
Beike Biotechnology	Terapia con células madre para el autismo	Proveedor de Células Madre para el autismo. Institución de Investigación especializada en transformación clínica y servicio técnico de tecnología de tratamiento biológico de industrias emergentes estratégicas.
LinusBio	Diagnóstico de autismo	Spinout que tiene como objetivo establecer un método para predecir las posibilidades de que un niño desarrolle autismo utilizando información obtenida de un solo cabello.

Entre septiembre de 2021 y mediados de febrero del 2022, el mismo índice NASDAQ cayó un 23 %. En el 2023, la inversión de riesgo en biotecnología cayó a una cifra más rutinaria (37 mil millones de dólares) y esta tendencia continuó durante todo el 2023. La corrección actual de financiación está llegando a todos los rincones del espacio biotecnológico, pero podría afectar más que a otras empresas que se centran en el autismo (Tabla 3) y otras afecciones relacionadas con el cerebro. Los tratamientos para afecciones neurológicas tienden a verse como inversiones particularmente riesgosas, dice Andrew Whiteley, vicepresidente de desarrollo comercial y transferencia de tecnología del -

Laboratorio Cold Spring Harbor (Nueva York), y la razón tiene que ver con la biología. "Va a retrasar las cosas, pero eso no significa que las grandes ideas no sigan viviendo Andres Whiteley".

6. Retos y desafíos en investigación del autismo.

Si bien el mecanismo fisiopatológico absoluto del TEA aún se encuentra en debate, varios factores genéticos, ambientales y neurobiológicos, como la disfunción inmune, el estrés oxidativo y el desequilibrio de los sistemas inhibidor-excitador, están implicados en la patología de estos trastornos. Para el

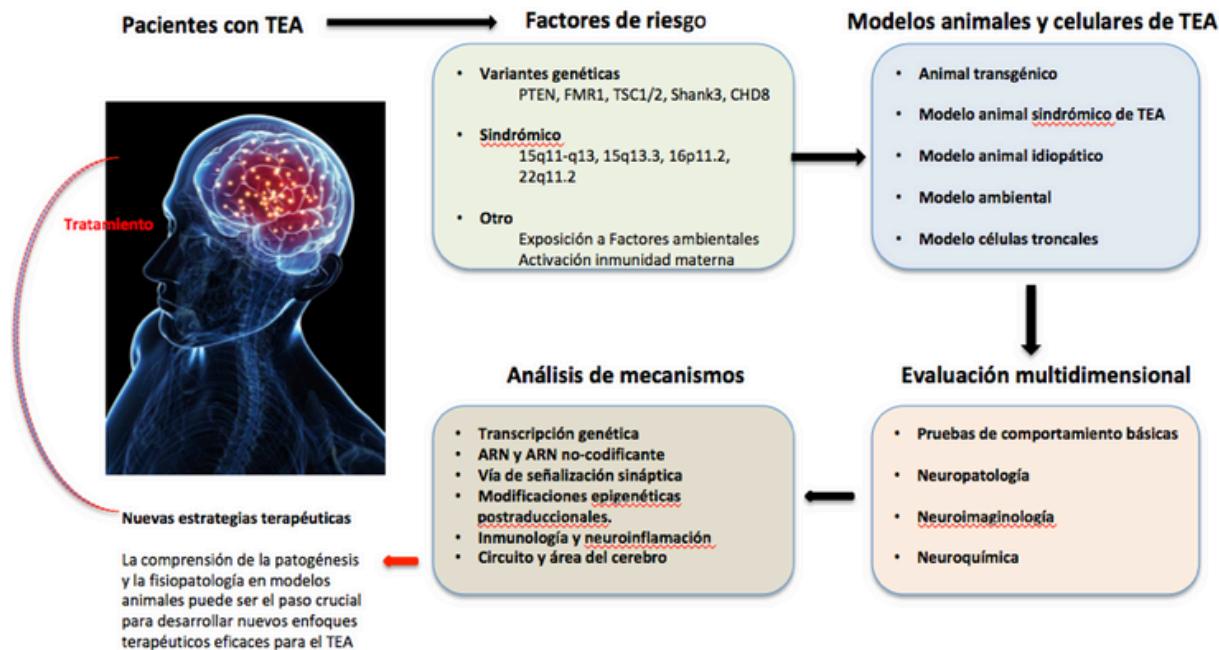


Figura 3. Procesos de la investigación para el tratamiento del TEA. Los estudios epidemiológicos de pacientes con TEA pueden identificar genes anormales y factores de riesgo subyacentes, incluidas mutaciones genéticas, variaciones en el número de copias, exposiciones ambientales y activación inmune materna durante el embarazo. A partir de estos datos se desarrollarán diferentes modelos animales y se caracterizarán por sus variaciones. Un análisis exhaustivo de modelos animales-celulares combinados con patología humana para comprender la patogénesis del TEA es prometedor como una nueva estrategia terapéutica para tratamientos a pacientes (modificado de Wang et al., 2023).

desarrollo de nuevos agentes terapéuticos a este respecto, los modelos neurobiológicos se han convertido en áreas de investigación de interés. El aumento de la excitación neuronal en varias vías de señalización se ha propuesto como una de las principales desregulaciones neurobiológicas en pacientes TEA, de hecho, la biotecnología desempeña un papel importante en el futuro de la investigación sobre el autismo.

La falta de conocimiento sobre las bases biológicas del TEA, la ausencia de parámetros bioquímicos clínicamente significativos (que reflejen anomalías en las cascadas de señalización que controlan el desarrollo y funcionamiento del sistema nervioso) y la falta

de métodos para la selección de subgrupos clínicos (biológicamente homogéneos), se consideran factores importantes el fracaso de los ensayos clínicos de farmacoterapia del TEA.

La identificación de parámetros bioquímicos, para la selección de los distintos subgrupos entre los pacientes con TEA, requiere investigación en muestras grandes que reflejen la diversidad clínica y biológica de los pacientes y el uso de enfoques unificados para dichos estudios, son requisitos para obtener resultados significativos que realmente contribuyan al entendimiento y manejo del TEA. Un enfoque integrado, que incluya observación clínica, evaluación clínico -

psicológica del comportamiento del paciente, estudio de la historia clínica y descripción de perfiles moleculares individuales, debería convertirse en una nueva estrategia para estratificar a los pacientes con TEA para ensayos clínicos farmacoterapéuticos, así como para evaluar su eficacia (Boksha et al., 2022; Fig. 3).

Existe evidencia alentadora de que es posible predecir un autismo posterior en los bebés. Este objetivo se verá acelerado por la llegada de nuevas tecnologías de biomarcadores, en el contexto de grandes estudios longitudinales de bebés que rastrean simultáneamente el desarrollo temprano del autismo en múltiples niveles de análisis (genético, cerebral, de salud y conductual). Los factores clave para el éxito futuro incluyen la necesidad de que los estudios tengan poblaciones de bebés más diversas y marcos en la implementación que involucren a una variedad de partes interesadas, así como profesionales de la salud, cuidadores y personas con experiencia vivida. Estos factores garantizarán que las herramientas de detección se puedan utilizar eficazmente en la práctica, se vinculen con servicios beneficiosos de intervención para bebés y niños pequeños y, en última instancia, mejoren la calidad de vida de las personas diagnosticadas con autismo (Dawson et al., 2022).

7. Conclusiones

El progreso en la atención clínica del TEA seguirá dependiendo de los esfuerzos de investigación colaborativos y multidisciplinarios. Actualmente, se están realizando esfuerzos para identificar subtipos

genético-ontológicos funcionales que puedan proporcionar una utilidad adicional con respecto a la intervención clínica. Esto incluye la investigación de fenotipos más amplios asociados con alteraciones genéticas que comparten propiedades moleculares. La identificación de efectos neurológicos de alteraciones genéticas medibles, como una firma electrofisiológica (EEG), podría traducirse en biomarcadores de TEA significativos que son esenciales para los ensayos de tratamiento clínico (Styles et al., 2020).

Es necesario realizar investigaciones preclínicas más sólidas seguidas de grandes ensayos clínicos multicéntricos para desarrollar estrategias epigenéticas viables para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento del TEA. También es necesario considerar el hecho de que el TEA es un trastorno heterólogo. Para comprender y tratar completamente la afección, se requiere una estrategia múltiple que involucre genética, epigenética, neurología e investigaciones clínicas (Torres et al., 2023).

En conclusión, el estudio de los TEA sigue siendo un desafío y los tratamientos mecanicistas de estos trastornos sólo tendrán éxito cuando la heterogeneidad de los trastornos del neurodesarrollo se incorpore a la medicina de precisión mediante una integración multidisciplinaria (Wang et al., 2023).

8. Referencias

1. Askham A.V. 2023. Biotech downturn hurts companies targeting autism-linked conditions. *Spectrum Autism Res News.* <https://staging.spectrumnews.org>
2. Baranova J., Dragunas G., Botelho M.C.S., Ayub A.L.P., Bueno-Alves R., Alencar R.R., Papaiz D.D., Sogayar M.C., Ulrich H., Correa R.G. 2021. Autism Spectrum Disorder: signaling pathways and prospective therapeutic targets. *Cell. Mol. Neurobiol.* 41:619–649.
3. Boksha I.S., Prokhorova T.A., Tereshkina E.B., Savushkina O.K., Burbaeva G.Sh. 2023. Differentiated Approach to Pharmacotherapy of Autism Spectrum Disorders: Biochemical Aspects. *Biochemistry (Moscow)* 88(3): 303–318.
4. Burnham-Riosa P., Randhawa A., Muskat B. 2024. Autism Comes to the Pediatric Hospital: Perspectives of Child Life Specialists. *J. Autism Dev. Disorders* 54:312–325.
5. Dawson G., Rieder A.D., Johnson M.H. 2022. Prediction of autism in infants: progress and challenges. *Lancet Neurol* [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(22\)00407-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(22)00407-0)
6. Genovese A., Butler M.G. 2023. The autism spectrum: Behavioral, psychiatric and genetic associations. *Gene* 14: 677. <https://doi.org/10.3390/genes14030677>
7. Green J. 2023. Debate: Neurodiversity, autism and healthcare. *Child and Adolescent Mental Health* 28: 438–442.
8. Styles M., Alsharshani D., Samara M., Alsharshani M., Khattab A., Qoronfleh M.W., Al-Dewik N. 2020. Risk factors, diagnosis, prognosis and treatment of autism. *Frontiers Bioscience, Landmark*, 25: 1682-1717.
9. Torres G., Mourad M., Iqbal S., Moses-Fynn E., Pandita A., Siddhartha S.S., Sood R.A., Srinivasan K., Subbaiah R.T., Tiwari A., Lehestre J.R. 2023. Conceptualizing epigenetics and the environmental landscape of Autism Spectrum Disorders. *Genes* 14: 1734. <https://doi.org/10.3390/genes14091734>
10. Wang L., Wang B., Wu C., Wang J., Sun M. 2023. Autism Spectrum Disorder: Neurodevelopmental Risk Factors, Biological Mechanism, and Precision Therapy. *Int. J. Mol. Sci.* 24: 1819. <https://doi.org/10.3390/ijms24031819>
11. Yoon S.H., Choi J., Lee W.J., Do J.T. 2020. Genetic and Epigenetic Etiology Underlying Autism Spectrum Disorder. *J. Clin. Med.* 9: 966. doi:10.3390/jcm9040966

**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

El agotamiento del potasio en suelos agrícolas amenaza el rendimiento de los cultivos de todo el mundo

Dr. Felipe Ascencio

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Avenida Instituto Politécnico Nacional #195, Colonia Playa Palo de Santa Rita. La Paz BCS 23097. México

Tema: El pasado 19 de febrero del 2024, el Colegio Universitario de Londres (UCL) hizo un comunicado de prensa en su portal de internet acerca de la problemática de la reducción del potasio en los suelos agrícolas a nivel global, y representa un riesgo potencial de seguridad alimentaria mundial. Este comunicado hace referencia a un trabajo de investigación realizado por el UCL, la Universidad de Edimburgo y el Centro de Ecología e Hidrología del Reino Unido y que fue publicado en Nature Food (Brownlie et al., 2024).

¿Por qué es importante el potasio en la agricultura?

En la publicación de Brownlie y colaboradores, se remarca de manera especial que en muchas regiones del mundo se elimina más potasio de los suelos agrícolas del que se agrega. Es hecho es relevante porque el potasio es un nutriente vital para el crecimiento de las plantas que ayuda con la fotosíntesis y la respiración, y su carencia puede inhibir el crecimiento de las plantas y reducir el rendimiento de los cultivos agrícolas (Fig. 1). Por ello es por lo que los agricultores suelen esparcir fertilizantes ricos en potasio en sus campos para reponer el nutriente agotado. Sin embargo, diferentes asuntos económicos y políticos relacionados con el suministro de estos fertilizantes pueden provocar el no utilizarlo rutinariamente, además de que aun hay dudas sobre su impacto en el ambiente. Los investigadores mencionan que, a nivel mundial, alrededor del 20 % de los suelos agrícolas tienen una deficiencia grave de potasio, y es probable que determinadas regiones la escasez sea más crítica, incluido el 44 % de los suelos agrícolas en el Sudeste

Asiático, el 39 % en América Latina, el 30 % en el Sahara de África y el 20 % en Asia Oriental, en gran parte debido a prácticas agrícolas más intensivas.



Figura 1. Efecto de la suficiencia/deficiencia de potasio en cultivos agrícolas (Canva).

El profesor de geografía de la UCL, Mark Maslin (coautor de la publicación) dijo: "El potasio es fundamental para mantener el rendimiento de los cultivos que alimentan al mundo, y su agotamiento representa una amenaza significativa para la seguridad alimentaria de millones de personas en el planeta. Se trata de una cuestión que se pasa por alto y que debe abordarse con una serie de medidas urgentes, a medida que la población mundial sigue creciendo".

¿Quiénes controlan el mercado mundial de potasio?

Los agricultores suelen recurrir a la potasa como fertilizante para reponer el potasio de sus campos, pero el precio del mineral puede ser bastante volátil. La producción de potasa está altamente concentrada, con sólo doce países dominando el mercado internacional de casi £12 mil millones de fertilizantes de potasio, donde Canadá, Rusia, Bielorrusia y China producen el 80 % del total de potasa cruda del mundo (Fig. 2).

Ucrania, Rusia y Bielorrusia exportan juntos alrededor del 42 % del suministro mundial de potasa, pero tras la invasión rusa a Ucrania en 2022, el Reino Unido, Estados Unidos, Canadá y la UE impusieron sanciones a las importaciones a los dos países, lo que interrumpió el suministro mundial y exacerbó el aumento de los precios.

Desde el aumento inicial de los precios, el costo de la potasa ha caído aproximadamente un 50 %, pero sigue siendo elevado, lo que genera preocupación

Los líderes del comercio de fertilizantes

Flujos en 2019

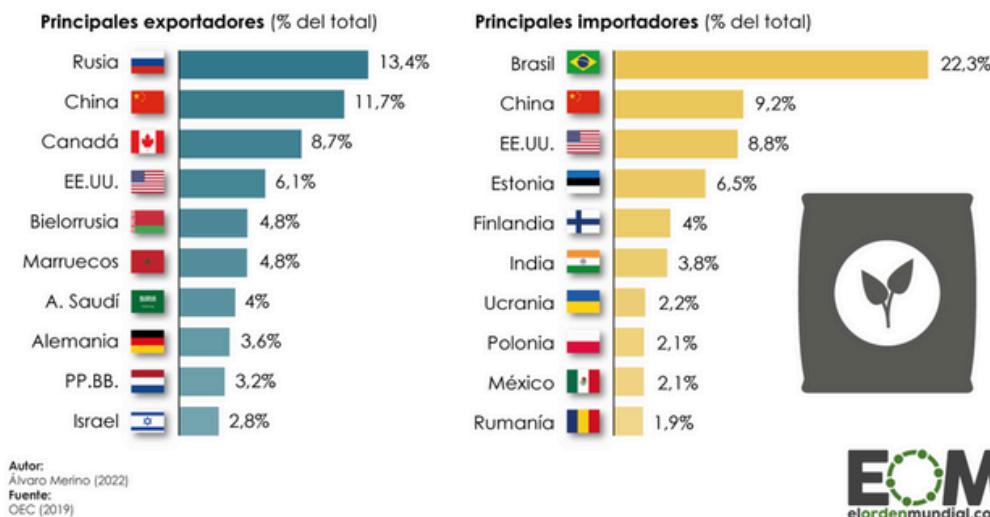


Figura 2. Países líderes del comercio de fertilizantes en el mundo (Tomado de EOM, 2019).

Los investigadores destacan cómo en abril de 2022, el precio de la potasa aumentó 500 % con respecto al 2021, después de una “tormenta perfecta” de factores, incluida la creciente demanda de fertilizantes, el aumento del precio de los combustibles, la recuperación de la pandemia además de una serie de acciones gubernamentales en todo el mundo, incluyendo la invasión rusa de -

de que los agricultores no puedan acceder a suficientes fertilizantes para mantener el suministro de alimentos al seguir el sistema actual de cultivo. Al respecto, el Dr. Peter Alexander, de la Universidad de Edimburgo, manifestó que: “La volatilidad de los precios de la potasa tiene importantes implicaciones en el sistema alimentario mundial. El acceso al potasio es vital para que los agricultores mantengan el rendimiento de sus cultivos,

pero la reciente alza en el costo de la potasa hace que para los agricultores más vulnerables sea más difícil de obtener". Actualmente no existen políticas o regulaciones nacionales o internacionales que rijan el manejo sustentable del potasio del suelo de forma similar a los sistemas que se están estableciendo para otros nutrientes vitales de los cultivos como lo son el nitrógeno y el fósforo.

Pero ¿cuáles son las implicaciones ambientales en la producción de fertilizantes potásicos?

En 2021, el consumo mundial de potasa alcanzó los 45 millones de toneladas, y se prevé que la producción mundial aumente a 69 millones de toneladas en 2025, con la puesta en marcha de nuevos proyectos en Bielorrusia, Canadá, Rusia, Australia, Eritrea y el Reino Unido. Sin embargo, la minería de potasa ha planteado preocupaciones en materia de derechos humanos y tiene importantes impactos en el medio ambiente. La minería de potasa genera millones de toneladas de desechos compuestos principalmente cloruro de sodio (sal común), que pueden filtrarse al suelo y salinizarlo e incluso llegar a las capas freáticas, dañando plantas y animales (Fig. 3).

Los impactos de la escorrentía de fertilizantes de potasio en los ecosistemas locales no se conocen bien y los investigadores recomiendan realizar más estudios sobre sus efectos. Brownlie, del Centro de Ecología e Hidrología del Reino Unido, dijo: "*El impacto ambiental de la extracción de potasa y su uso en la agricultura es algo que necesita un mayor escrutinio. Hay muchas cosas que todavía no entendemos sobre los efectos que tiene el enriquecimiento artificial de potasio en los ecosistemas cercanos. Al manejar sabiamente nutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio juntos, podemos obtener múltiples beneficios, prevenir la contaminación, aumentar el rendimiento de los cultivos y minimizar la pérdida de nutrientes. Se trata de coordinar nuestro enfoque para obtener mejores resultados agrícolas*".

¿Qué acciones puede establecer la sociedad ante el panorama de la disminución del rendimiento de producción agrícola por falta de acceso a fertilizantes ricos en potasio? Los investigadores presentaron seis recomendaciones políticas y de prácticas para prevenir posibles caídas en el



Figura 3. Ejemplo de suelo salinizado (Canva).

rendimiento de los cultivos, proteger a los agricultores de la volatilidad de los precios y abordar las preocupaciones ambientales. Las recomendaciones incluyen:

1. Establecer una evaluación global de las reservas y flujos actuales de potasio para identificar los países y regiones con mayor riesgo.
2. Establecer capacidades nacionales para monitorear, predecir y responder a las fluctuaciones del precio del potasio.
3. Ayudar a los agricultores a mantener niveles suficientes de potasio en el suelo con más investigaciones sobre las implicaciones de la limitación de potasio en el rendimiento de diversos cultivos y suelos.
4. Evaluar los efectos ambientales de la minería de potasa y desarrollar prácticas de aplicación sostenibles.
5. Desarrollar una economía circular global del potasio que minimice el uso y maximice la reutilización y el reciclaje del nutriente.
6. Incrementar la cooperación intergubernamental a través de la ONU y otras agencias para desarrollar una coordinación de políticas globales similar a la que se ha desarrollado para el nitrógeno.

**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

Referencia

Will J. Brownlie, Peter Alexander, Mark Maslin, Miguel Cañedo-Argüelles, Mark A. Sutton, Bryan M. Spears. 2024. Global food security threatened by potassium neglect. *Nature Food.* doi: 10.1038/s43016-024-00929-8

