saber más

Revista de Divulgación

de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Año 14 / Número 79 / 2025
Morelia, Michoacán, México

U.M.S.N.H.

ISSN 2007-7041

Universidad Michoacana
de San Nicolás de Hidalgo
Cuna de héroes, crisol de pensadores
ISSN-2007-7041

CONTENIDO

El cerebro femenino durante la elección de pareja 48

ARTÍCULOS

Optogenética: Cuando las neuronas ven la luz 20
Microbiota intestinal y desarrollo cerebral del recién nacido 25
Los olores de la abuela 30
Limacos o babosas del jardín para estudiar la regeneración 35
La microglía: ¿Un soldado desleal? 40
Inmunidad y cognición. Cómo nuestras defensas potencian el aprendizaje y la memoria 44
El envejecimiento en el síndrome de Down 55
Fermentos, microbiota y salud mental: Un vínculo sorprendente 59
Desenredando el concepto de estrés. ¿Qué significa realmente? 64
Cannabinoides ¿Amigos o enemigos? 69
Alimentos funcionales e hipotálamo: Usando la cabeza contra la obesidad 74
¿Cómo los mensajeros químicos moldean nuestra mente? 79
Nutracéuticos: Una herramienta prometedora contra la neurodegeneración 83
Aventurarse en lo incierto. Cómo el control cognitivo mejora nuestras decisiones 89

ENTÉRATE

¿De mal humor? Es culpa de tu microbiota intestinal 6

Vitamina D y su relación con la depresión 10

TECNOLOGÍA

Explorando las infecciones cerebrales 95

UNA PROBADA DE CIENCIA

Otras mentes 100

CIENCIA EN POCAS PALABRAS

¿Y si se me va el avión? 103

LA CIENCIA EN EL CINE

Cassandra 108

NATUGRAFÍA

Neuroinflamación Hipotalámica 112

QUEHACER CIENTÍFICO NICOLAITA

79 números, 13 años de la publicación de *Saber Más* 113

SEGUNDO INFORME

Yarabí Ávila González 114

Semana del Cerebro

Evento global que se celebra cada año con el objetivo de dar a conocer la importancia del cerebro, así como los avances en la investigación neurocientífica. 14

DIRECTORIO

Rectora
Yarabí Ávila González
Secretario General
Javier Cervantes Rodríguez
Secretario Académico
Antonio Ramos Paz
Secretario de Difusión Cultural
Miguel Ángel Villa Álvarez
Coordinador de la Investigación Científica
Jesús Campos García
Secretario Administrativo
Edgar Martínez Altamirano
Secretario Auxiliar
Jorge Alberto Manzo Méndez
Abogado General
Hugo Rojas Figueroa

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 14, No. 79, Enero - Febrero, es una publicación bimestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Coordinación de la Investigación Científica, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, sabermas.publicaciones@umich.mx, sabermasumich@gmail.com. Editor: Horacio Cano Camacho. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-072913143400-203, ISSN: 2007-7041, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Área de Tecnologías y Procesos de Información de la Coordinación de la Investigación Científica, C.P. Hugo César Guzmán Rivera, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316-7436, fecha de última modificación, marzo 2025. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.
Esta revista puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica. De otra forma requiere permiso previo por escrito de la institución y del autor.

saber más
Revista de Divulgación
de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Revista editada por la Coordinación de la Investigación Científica

Director
Dr. Jesús Campos García
Coordinador de la Investigación Científica

Director-Ejecutivo
Dr. Rafael Salgado Garciglia
Instituto de Investigaciones Químico Biológicas
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Editor en Jefe
Dr. Horacio Cano Camacho
Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Comité Editorial

Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez
Instituto de Física y Matemáticas
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
Morelia, Michoacán. México.

Dra. Adela Rendón Ramírez
Presidenta de la RED GLOBAL MX, Capítulo España,
Sede Embajada de México en Madrid, España.

Dra. Leonor Solis Rojas
Contacto Institucional con medios masivos de comunicación y responsable de las redes sociales del IIES, UNAM, Campus Morelia.

Dra. Martha Eva Viveros Sandoval
Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas
"Dr. Ignacio Chávez"
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
Morelia, Michoacán. México.

Dra. Nandinii Barbosa Cendejas
Facultad de Ingeniería Eléctrica,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
Morelia, Michoacán. México.

Diseño y Edición
T.D.G .Maby Elizabeth Sosa Pineda
M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar
C.P. Hugo César Guzmán Rivera

Corrección de estilo
Lourdes Rosangel Vargas

Administrador de Sitio Web
Fidel Anguiano Rodríguez

Saber Más Media
M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar

EDITORIAL

El cerebro ha sido, y sigue siendo, uno de los mayores enigmas científicos. Cada descubrimiento nos acerca un poco más a entender su complejidad, pero también nos revela nuevas incógnitas. En este número especial de la revista, presentamos una selección de artículos que abordan desde enfoques innovadores hasta aspectos más íntimos de su funcionamiento, destacando cómo el estudio del cerebro está revolucionando nuestro entendimiento de la salud y el comportamiento.

Optogenética: cuando las neuronas ven la luz nos sumerge en el fascinante mundo de la manipulación neuronal a través de la luz. Esta tecnología ha abierto una ventana para observar y controlar circuitos cerebrales con una precisión sin precedentes, permitiendo avances que antes parecían imposibles.

En **Microbiota intestinal y desarrollo cerebral del recién nacido,** exploramos cómo las bacterias que habitan en nuestros intestinos desde los primeros días de vida influyen en el desarrollo cerebral. Este artículo revela la importancia de la microbiota en etapas críticas del desarrollo, abriendo nuevas perspectivas para entender trastornos del neurodesarrollo.

El poder de los sentidos también se refleja en **Los olores de la abuela,** un artículo que examina cómo los aromas evocan recuerdos profundos y nos transportan a momentos específicos de nuestra vida. Un fenómeno que todos hemos experimentado y que, gracias a la neurociencia, comenzamos a desentrañar.

Por otro lado, el campo de la regeneración cerebral nos sorprende con investigaciones poco convencionales. **Limacos o babosas del jardín para estudiar la regeneración** explora cómo estos pequeños invertebrados pueden enseñarnos sobre la capacidad del cerebro para regenerarse tras una lesión, un área de estudio que podría tener aplicaciones en enfermedades neurodegenerativas.

La inmunidad también tiene un papel crucial en el cerebro, como lo expone **La microglia: ¿Un soldado desleal?**, donde analizamos cómo estas células del sistema inmunitario a veces se convierten en agresores, desencadenando daño en lugar de proteger. Y en **Inmunidad y cognición: cómo nuestras defensas potencian el aprendizaje y la memoria,** exploramos cómo el sistema inmunitario no solo protege al cerebro, sino que también lo ayuda a aprender y recordar.

Desde el plano emocional, **Fermentos, microbiota y salud mental: un vínculo sorprendente** nos recuerda cómo los alimentos fermentados y la microbiota intestinal pueden influir en nuestra salud mental, sugiriendo que la clave para un bienestar emocional podría estar más cerca de lo que imaginamos.

El estudio de **El envejecimiento en el síndrome de Down** revela cómo esta condición genética está relacionada con el envejecimiento cerebral acelerado, destacando la importancia de investigaciones que permitan mejorar la calidad de vida de estas personas a medida que envejecen.

El artículo **El cerebro femenino durante la elección de pareja** cuestiona las ideas preconcebidas sobre el papel pasivo de las hembras, mientras que en **Desenredando el concepto de estrés: ¿Qué significa realmente?,** se examina el estrés desde una perspectiva científica para entender mejor sus efectos en el cuerpo y la mente.

Además, en **Cannabinoides, ¿amigos o enemigos?**, debatimos el uso de estas sustancias, sus potenciales beneficios terapéuticos y los riesgos asociados. Finalmente, cerramos con **Alimentos funcionales e hipotálamo: usando la cabeza contra la obesidad**, donde exploramos cómo ciertos alimentos pueden influir en el hipotálamo para combatir la obesidad de manera más efectiva.

Finalmente, cerramos con **¿Cómo los mensajeros químicos moldean nuestra mente?,** un artículo que desentraña el complejo mundo de los neurotransmisores y su papel fundamental en la configuración de nuestros pensamientos, emociones y comportamientos.

Cada uno de estos artículos ofrece una perspectiva única sobre el cerebro, demostrando que, aunque aún queda mucho por descubrir, estamos avanzando a pasos agigantados en nuestra comprensión de este órgano vital.

¡Disfruten de esta edición especial de la Semana del Cerebro!

www.umich.mx www.cic.umich.mx www.sabermas.umich.mx sabermasumich@gmail.com

ENTÉRATE

¿De mal humor? Es culpa de tu microbiota intestinal

*Cecilia Gabriela Vázquez-Cortés y Néstor Casillas-Vega

Imagen de 8photo en Freepik

Resumen
En el intestino de nuestro cuerpo viven más de un millón de trillones (24 ceros después de la unidad, el 1) de microorganismos formando la microbiota intestinal, la cual es fundamental para preservar un buen ecosistema intestinal y tener un efecto beneficioso en la salud, sobre todo, la salud mental. Si la microbiota está alterada, puede provocar una serie de desórdenes neuropsicológicos como la depresión y desórdenes metabólicos como obesidad, síndrome del colon irritable y la enfermedad inflamatoria intestinal. Esta microbiota intestinal puede ser reforzada con prebióticos, probióticos o simbióticos, así como de algunos alimentos fermentados. Siempre, consulta con un profesional de la salud antes de comenzar a consumir algún suplemento.
Palabras clave: Depresión, microbiota, probióticos.

RECIBIDO: 03/07/2024; ACEPTADO: 05/11/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

La alimentación y la salud

La **salud mental,** citando a la Organización Mundial de la Salud, **«es un estado de bienestar mental que permite a las personas hacer frente a los momentos de estrés en la vida, desarrollar sus habilidades, poder aprender y trabajar adecuadamente».** Al ser un término cotidiano que los humanos experimentamos día a día, debe ser considerado con importancia, ya que una variación de emociones puede ser crucial al realizar las actividades diarias.

En los últimos años, se ha observado una tendencia de la población a preocuparse por su bienestar emocional y **existen algunas técnicas para mejorar el estado anímico,** tales como el descanso de calidad, socializar, meditar, escuchar música po-

sitiva y hacer ejercicio, principalmente. Aunque estas técnicas ayudan a mejorar el estado de ánimo, existe un factor considerablemente más importante y fácil de controlar: **la alimentación.** El cuerpo humano actúa con una serie de reacciones que se desencadenan a nivel sistema, pasando por órganos, tejidos y, por último, por células. **Dentro del cuerpo habitan de 10 a 100 veces más bacterias que células,** por lo que es de esperarse que una parte de este sea controlada por ellas.

Tal vez hayas escuchado que **en el cuerpo «todo está conectado»**, y es que existen **numerosos estudios que demuestran la relación entre diversos sistemas.** Tal es el caso del sistema digestivo, el cual está conformado desde la boca, garganta, esófago, estómago, intestino delgado y grueso, recto, hasta el ano, el cual tiene relación directa con el sistema nervioso, formando el **eje intestino-cerebro.**

Microbiota intestinal

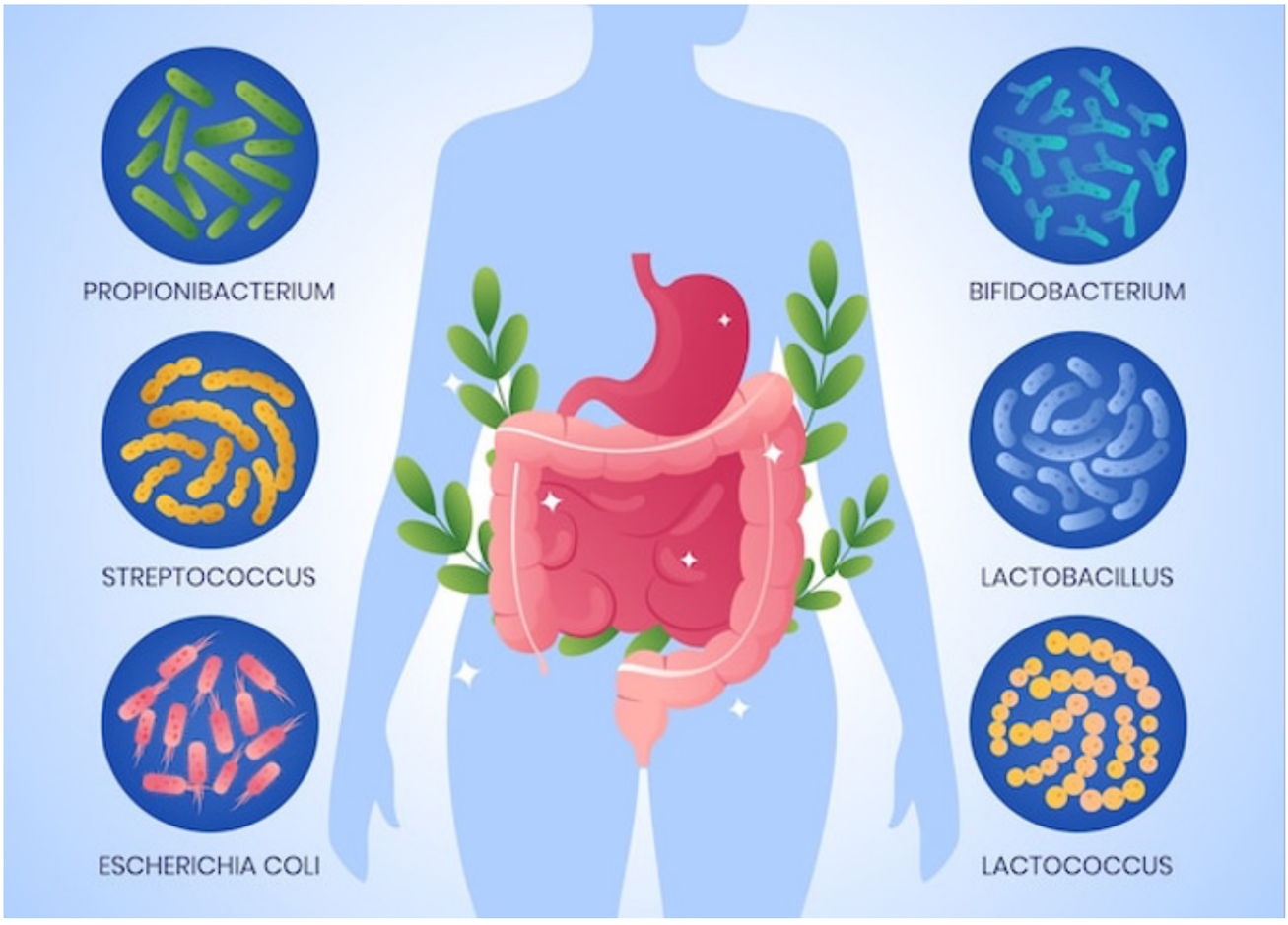
En el **intestino del cuerpo humano viven más de un cuatrillón de microorganismos,** formando la **«flora intestinal»**, un término que está en desuso debido a que **se sustituyó por microbiota intestinal,** considerando que las bacterias que formaban parte no solo estaban formadas por comensales, sino también por todo un complejo de microorganismos vivos con adjudicaciones importantes. Gracias a la biología molecular, actualmente se ha podido determinar que **la microbiota intestinal está constituida por más de 35 000 especies,** entre las que destacan *Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacterias* y *Protobacterias.* **También está constituida por hongos en un 1 %.**

Estas divisiones pueden cambiar de cantidad debido a distintas enfermedades. **La microbiota intestinal es fundamental para preservar un buen ecosistema intestinal** y tener un efecto beneficioso en la salud. El número y especies de microorganismos están influenciados por la genética, edad, género, dieta y estilo de vida. **Los productos de la microbiota intestinal,** tales como ácidos grasos de cadena corta, entre otros, **son los responsables de mandar señales al sistema nervioso central** y desencadenan que el sistema inmunológico se altere para «bien» o para «mal».

Eje intestino-cerebro

La **microbiota intestinal alterada** provoca una serie de **desórdenes neuropsicológicos** que incluyen a la depresión y el desorden del espectro autista, así como desórdenes metabólicos como la obesidad, síndrome del colon irritable y la enfermedad inflamatoria intestinal. Existen diversos estudios en los cuales destacan la **importancia de**

https://pixabay.com/es/photos/emoji-smiley-mal-humor-sensaci%C3%B3n-3202669/



https://www.freepik.com/free-vector/gradient-probiotics-prebiotics-illustration_5842o858.htm#fromView=search&page=1&position=6&uuid=94c02e4a-345d-4a5c-aaca-d4fa8a65090f

consumir productos que contengan probióticos; tal es el caso de un estudio reciente donde voluntarias saludables consumieron leche fermentada con probióticos (*Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis, Streptococcus termophilus, Lactobacillus bulgaricus* y *Lactococcus lactis*) durante cuatro semanas y los resultados mostraron una clara relación entre los probióticos consumidos y la actividad emocional de las voluntarias, así como efectos beneficiosos en la ansiedad y depresión, además de reducidos niveles de cortisol, es decir, la hormona del estrés.

Otros beneficios de la microbiota intestinal regulada

Además de los beneficios que los probióticos otorgan en cuanto a efectos positivos psiconeurológicos, pueden ayudar a mejorar la absorción de la lactosa, es decir, **disminuir la intolerancia a la lactosa y sus síntomas** (diarrea, flatulencia, dolor abdominal o fiebre) después de consumir leche. También ayudan a **crear una barrera gastroprotectora en contra de *Helicobacter pylori*,** bacteria a la que se atribuye la gastritis aguda y úlcera péptica, así como a la **prevención de reacciones alérgicas.**

Prebióticos, probióticos y simbióticos

La microbiota intestinal puede ser reforzada con prebióticos, probióticos o simbióticos. **Los prebióticos** son los alimentos que **sirven como «comida» para las bacterias buenas** que se obtienen a partir de los ingredientes de la dieta, los cuales **regulan** selectivamente el **crecimiento y actividad de un número limitado de géneros de bacterias** de la microbiota intestinal. A diferencia de los prebióticos, **los probióticos son los microorganismos vivos,** ingeridos directamente en cantidades adecuadas, ya sea en alimentos funcionales o en suplementos. Estos microorganismos acidifican el intestino, lo cual **no permite el desarrollo de patógenos que pudieran alterar la microbiota intestinal.**

Por último, **los simbióticos** son suplementos que **combinan prebióticos y probióticos** en una sola fórmula, ya que **contienen los nutrientes necesarios para que sobrevivan los microorganismos que conforman la microbiota intestinal.** Esta combinación es especialmente beneficiosa para las personas que buscan bajar de peso y llevan una dieta baja en carbohidratos, alta en proteína y grasas, porque esto provoca cambios importantes en la mi-

crobiota intestinal y es recomendable regularla con alguno de estos suplementos y/o alimentos.

¿Qué alimentos puedo consumir para mejorar mi estado de ánimo?

Los alimentos que son beneficiosos para mejorar la salud de la microbiota intestinal, y que debes incluir en la dieta diaria para influir en el estado de ánimo, **deben ser ricos en probióticos,** como el **yogur natural** (producto lácteo fermentado obtenido a partir de la leche de vaca), **kéfir** (bebida fermentada, ligeramente efervescente con sabor levemente ácido que se produce a través de la fermentación de la leche con gránulos de kéfir, que son una combinación de bacterias lácticas y levaduras), **kombucha** (bebida fermentada elaborada a partir del té endulzado), **chucrut** (repollo finamente picado mezclado con sal que se utiliza como guarnición en diversos platillos), **pepinillos encurtidos, pan de masa madre,** entre otros. **Los prebióticos están presentes en los granos integrales, plátanos, hortalizas de hoja verde, cebolla, ajo y soya,** principalmente.

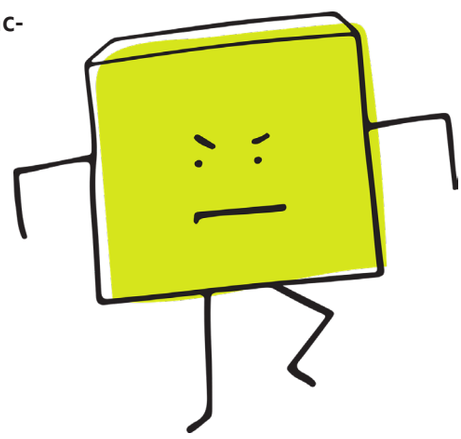
En el mercado existen productos a base de leche fermentada que utilizan solo un tipo de microorganismo (*Lactobacillus casei Shirota*) y que puedes encontrar en cualquier supermercado, prometiendo que los microorganismos llegarán vivos al intestino y que «mejorará» la microbiota intestinal; sin embargo, al desplegar la lista de los ingredientes, podemos observar que **contiene exceso de azúcares y calorías, lo cual puede retirar la acción beneficiosa de dicho producto.**

Entonces, como conclusión, **la mejor recomendación es adoptar una alimentación rica en prebióticos y probióticos,** además de suplementos con diversos géneros o especies de microorganismos que están disponibles en farmacias para ayudar a restaurar y fortalecer la microbiota intestinal. **Los suplementos también pueden ser útiles después de un tratamiento con antibióticos o algún desequilibrio digestivo**. Esto, aunado con un descanso adecuado, conexiones sociales y pasar tiempo haciendo actividades que te gustan, mantendrán un equilibrio para mejorar y mantener un buen estado anímico.

Consultar con un profesional de la salud antes de comenzar a consumir algún suplemento es de suma importancia, ya que podría ayudarte a determinar cuál es el más beneficioso según tus necesidades individuales y estado de salud.

Cecilia Gabriela Vázquez-Cortés. Química e Investigadora, Departamento de Patología Clínica en el Hospital Universitario «Dr. José Eleuterio González», Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León.
cecilia.vazquezco@uanl.edu.mx

Néstor Casillas-Vega. Profesor e Investigador, Departamento de Patología Clínica, Hospital Universitario «Dr. José Eleuterio González», Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León.
ncasillasv@uanl.edu.mx



sabermás

Ke S., Guimond A.J., Tworoger S.S., Huang T., Chan A.T., Liu Y.Y. y Kubzansky L.D. (2023). Gut feelings: associations of emotions and emotion regulation with the gut microbiome in women. *Psychological Medicine, 53*(15), 7151-7160. https://doi.org/10.1017/S0033291723000612

Oberto M.G. y Defagó M.D. (2022). Implicancia de la dieta en la composición y variabilidad de la microbiota intestinal: Sus efectos en la obesidad y ansiedad. *Pinelatinoamericana, 2*(2), 137-152. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pinelatam/article/view/38373

Olagnero G., Abad A., Bendersky S., Genevois C., Granzella L. y Montonati M.L. (2007). Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *Diaeta, 25*(121), 20-33. https://www.researchgate.net/publication/274072309_Alimentos_funcionales_fibra_prebioticos_probioticos_y_simbioticos_Functional_foods_Fiber_Prebiotics_Probiotics_and_Simbiotics

ENTÉRATE

Vitamina D y su relación con la depresión

*Claudia I. Gamboa-Gómez y Fabiola Carlos Ricartti

https://pixabay.com/es/photos/mujer-cielo-luz-de-sol-brazos-2667455/

Resumen
La vitamina D emerge como un factor crucial en la salud mental, especialmente en relación con la depresión. Estudios científicos han demostrado que esta vitamina desempeña varias funciones importantes en el cerebro y en el estado de ánimo. La vitamina D también contribuye a mantener un equilibrio adecuado de calcio y a gestionar el estrés oxidativo en el cerebro, lo cual es esencial para la salud neuronal y el bienestar emocional. La vitamina D modula la respuesta inflamatoria en el cerebro. Bajo un proceso de depresión, se desencadena inflamación neurogénica, la cual puede ser reducida por la vitamina D. Mantener niveles adecuados de esta vitamina es beneficioso no solo para la salud ósea, sino también para la salud mental, particularmente en la prevención y manejo de la depresión; sin embargo, es necesario más investigación para comprender cómo la suplementación de vitamina D puede ser utilizada de manera efectiva en el tratamiento de esta enfermedad.
Palabras clave: Depresión, prevención, salud mental, vitamina D.

RECIBIDO: 11/07/2024; ACEPTADO: 14/02/2025; PUBLICADO: 14/02/2025

¿Qué es la depresión?

La depresión es una **enfermedad mental crónica que puede afectar a cualquier persona,** sin importar su edad, raza, ingresos, cultura o nivel educativo. Se caracteriza por un **estado de ánimo deprimido** por la **pérdida del placer o interés en actividades que antes eran placenteras,** durante largos períodos de tiempo.

Hoy en día, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la depresión es un **trastorno mental muy común** y se estima que el **3.8 % de la población mundial la padece, lo que equivale a 280 millones de personas.** Es importante mencionar que las mujeres, los adultos con índice de bienestar bajo y los adultos mayores residentes de áreas rurales son más propensos a desarrollarla.

En México, en 2022, se reportó una prevalencia de depresión del 16.7 % en adultos mayores de 20 años. Según la Encuesta Nacional de Salud (ENSANUT) del mismo año, algunos estados de la República mexicana muestran una mayor prevalencia de depresión en comparación con otros. Tal es el caso de los estados que conforman la región del Pacífico Norte, con una **tasa del 18.7 %**, como en Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán. Cabe resaltar que los estados de nuestro país con menos casos de depresión también se encuentran en la región del Pacífico Norte, con una tasa del **15.1 % (Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa).**

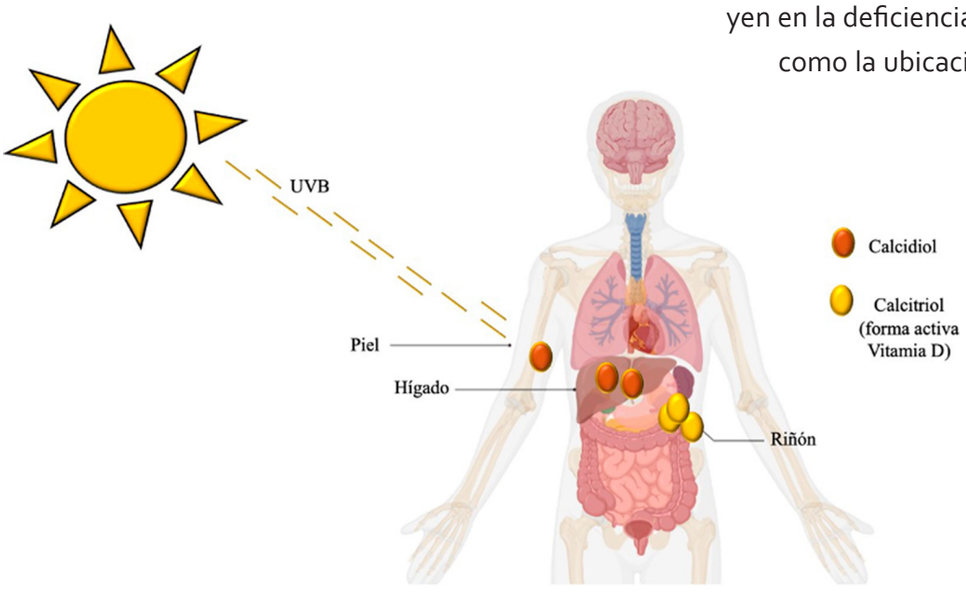
Existen estudios científicos que indican que **diversos factores pueden intervenir en el desarrollo de este trastorno,** como los genéticos, biológicos, ambientales y psicológicos, cada uno desempeñando una función. Es importante saber que **la depresión es una condición crónica y recurrente, y es una causa significativa de discapacidad**, lo que la convierte en el blanco de múltiples investigaciones.

La vitamina D y nuestro organismo

La **vitamina D, también conocida como la «vitamina solar», es una hormona esteroidea** con múltiples funciones en el organismo, tales como: promover el crecimiento y la diferenciación celular, regular la inmunidad, facilitar la neurotransmisión y proporcionar efectos antiinflamatorios. Además, **se sabe que tiene un efecto neuroprotector,** lo que juega un **papel importante en el desarrollo cerebral.**

Algunos alimentos que aportan vitamina D son el salmón, el huevo, la mantequilla, el hígado y la leche. Sin embargo, la **principal fuente de vitamina D** para los seres humanos es la **síntesis cutánea**, la cual se activa mediante la exposición al sol, y la **forma biológicamente activa** necesita de dos procesos, los cuales se llevan a cabo en el hígado y, por último, en el riñón. Se estima que **estar expuesto al sol durante 5-15 minutos,** especialmente en la cara y en los brazos, durante las temporadas de primavera, verano y otoño, es **suficiente para mantener niveles normales de vitamina D** y apoyar sus funciones en el organismo. Cabe mencionar que las personas con piel más oscura, que producen más melanina, requieren una exposición más prolongada. El **horario ideal** para la exposición solar es **entre las 10:00 y las 15:00 horas,** ya que durante este período los rayos solares inciden de manera más directa, lo que aumenta su penetrancia en la piel.

Es interesante mencionar que, a pesar de la abundante radiación solar en México, **la población mexicana no se expone lo suficiente** a ella, lo que contribuye a una **alta prevalencia de niveles bajos de vitamina D,** alcanzando cifras del 93.2 %, con un 30.8 % de insuficiencia (21-29 ng/mL) y un 62.4 % de deficiencia (<20 ng/mL). Esta situación puede deberse al tipo de trabajo de las personas o al uso de protectores solares. Diversos factores influyen en la deficiencia de vitamina D en el país, como la ubicación geográfica, el color de la piel y el tipo de dieta.

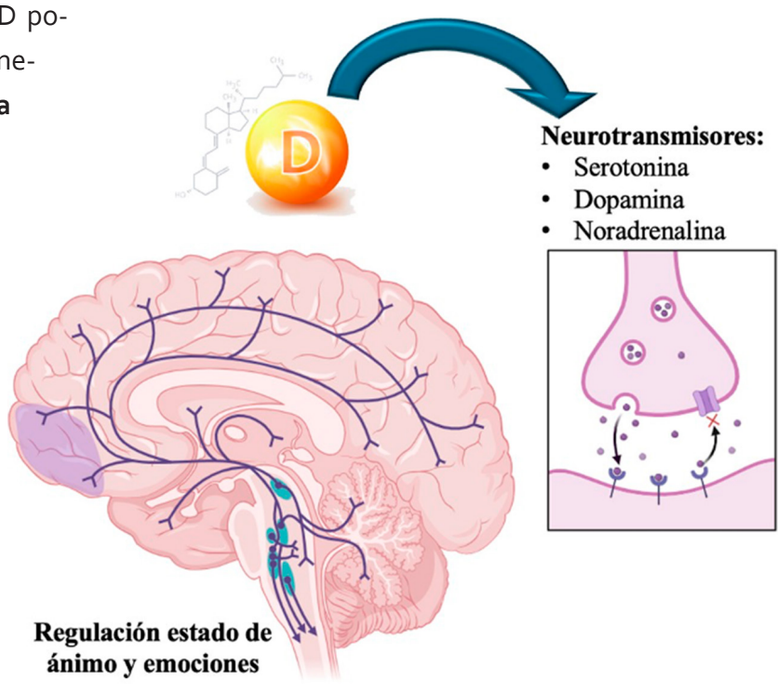


Síntesis de Vitamina D en el cuerpo humano.

Deficiencia de la vitamina D y su relación con la depresión y otros trastornos mentales

Actualmente, existen numerosos **estudios que explican** los posibles mecanismos

por los cuales la deficiencia de vitamina D podría influir en la depresión. Uno de estos mecanismos es cómo **la vitamina D afecta la función cerebral y el estado de ánimo a través de los neurotransmisores.** Por ejemplo, se ha encontrado que la vitamina D es capaz de sintetizar y mantener las concentraciones de serotonina, un importante neurotransmisor relacionado con la depresión. También, **es posible que la vitamina D tenga la capacidad de aumentar las concentraciones de dopamina y noradrenalina,** desempeñando así una función neuroprotectora adicional.



Deficiencia de Vitamina D y su relación con depresión

Otro mecanismo involucrado es la **regulación del calcio y el estrés oxidativo.** En condiciones normales, la vitamina D es responsable de mantener un **equilibrio entre estos dos factores para facilitar la función neuronal.** Un tercer mecanismo importante es la neuroinflamación. Se ha encontrado que los pacientes deprimidos tienen altas concentraciones de citocinas inflamatorias, como la interleucina-1, la interleucina-6, la proteína C reactiva y el factor de necrosis tumoral (TNF).

La vitamina D **tiene efectos inmunomoduladores,** lo que significa que puede **aumentar las sustancias antiinflamatorias y disminuir las citocinas inflamatorias** mencionadas anteriormente. Por otra parte, se llevó a cabo un estudio en el cual se asignó aleatoriamente a 29 pacientes a recibir una hora o 15 minutos de terapia de luz por la mañana durante dos semanas en invierno. Los resultados revelaron que la terapia de luz durante una hora redujo significativamente los síntomas depresivos en el grupo con trastorno afectivo estacional (SAD) en comparación con el grupo control.

Otras investigaciones han demostrado que la **ingesta de vitamina D en la primera infancia podría reducir el riesgo de esquizofrenia en hombres.** De tal manera que, se ha concluido que niveles bajos de vitamina D están asociados con esquizofrenia, depresión mayor y otros trastornos del estado de ánimo, así como con enfermedades crónicas como la fibromialgia.

Vitamina D en la prevención de los trastornos mentales y la salud física

Actualmente, **el tratamiento de la depresión incluye psicoterapia y farmacoterapia** que abarca el uso de inhibidores selectivos de la recaptura de serotonina (ISRS), inhibidores selectivos de la recaptura de serotonina y norepinefrina (IRSN), antidepresivos tricíclicos (ATC) e inhibidores de la monoamino oxidasa (IMAO). Este enfoque ha demostrado ser efectivo en el 60-80 % de los casos. Sin embargo, muchos pacientes interrumpen su tratamiento debido a efectos adversos, preocupaciones sobre la adicción, el costo de los medicamentos o la percepción de que ya no es necesario seguir tomando medicamentos.

Por otro lado, **como alternativa no farmacológica,** se llevó a cabo un estudio de **intervención con vitamina D en pacientes con síntomas depresivos.** Los participantes fueron divididos en tres grupos: uno recibió vitamina D dos veces a la semana (20,000 UI), otro una vez a la semana, y el tercero no recibió vitamina D. Los resultados mostraron que los dos grupos que recibieron vitamina D experimentaron mejoras significativas en los síntomas depresivos, evaluados mediante el Inventario de Depresión de Beck.

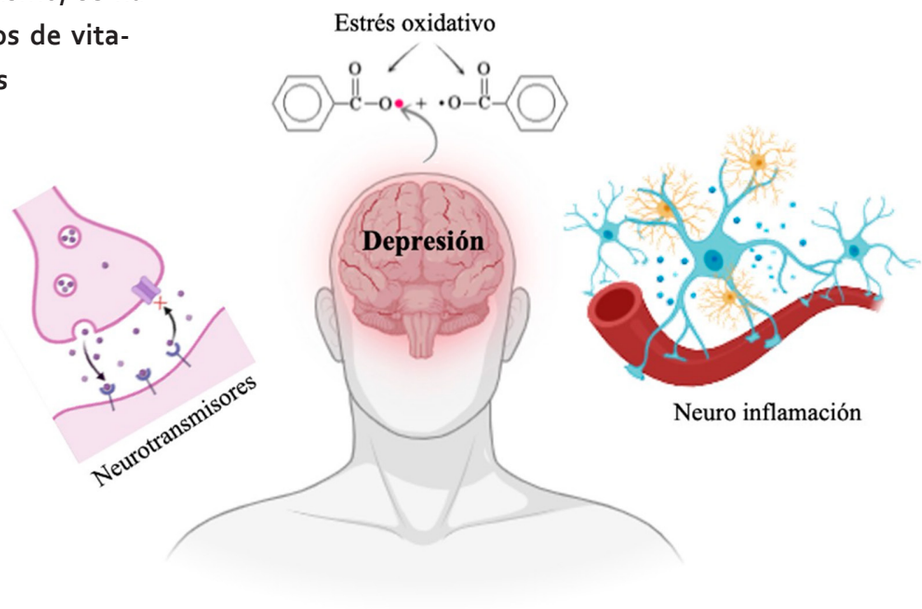
En resumen, **la evidencia científica respalda una asociación entre la vitamina D y la depresión,** indicando que niveles adecuados y suplementación de vitamina D pueden prevenir este trastorno mental. **Combinar vitamina D con farmacoterapia también puede ser efectivo** para reducir los síntomas depresivos.

La suplementación de vitamina D no solo ha mostrado beneficios en la depresión, sino también en el **tratamiento de otras condiciones médicas como el cáncer y la osteoporosis.** Se ha establecido una conexión directa entre la deficiencia de vitamina D y **diversas enfermedades crónicas,** como la artritis reumatoide, la diabetes mellitus tipo 1 y varios tipos de cáncer, como el de próstata, mama y ovario. Asimismo, se ha observado que niveles **bajos de vitamina D están relacionados con la hipertensión arterial sistémica y con enfermedades metabólicas óseas.**

De acuerdo con un metaanálisis, **la suplementación diaria de vitamina D** en dosis que van desde 300 UI hasta 2000 UI **se asoció con una reducción en la mortalidad.** Esto subraya la importancia fundamental de la vitamina D en la prevención y manejo de diversas enfermedades crónicas.

Claudia I. Gamboa-Gómez. Investigador Titular de la Unidad de Investigación Biomédica del Instituto Mexicano del Seguro Social. Durango, México.
clau140382@hotmail.com

Fabiola Carlos Ricartti. Estudiante de medicina de la Unidad de Investigación Biomédica del Instituto Mexicano del Seguro Social. Durango, México.
fabysrc@hotmail.com



Fisiopatología de la deficiencia de Vitamina D en la depresión.

Bourges H., Flores M., Solomons N., Eggersdorfer M. y Gallagher C. (2018). La vitamina D, nutrimento clave para la salud humana, y su estado general en la población mexicana. *Salud Pública de México, 60*(4), 375-376. https://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v60n4/0036-3634-spm-60-04-375.pdf

Manzanos I., Martino P., Audisio E. y Bonet J. (2022). Vitamina D: entre el brillo del sol y la oscuridad de la depresión. *Revista Colombiana de Psiquiatría, 51*(3), 199-205. https://doi.org/10.1016/j.rcp.2020.08.002

Penckofer S., Kouba J., Byrn M. y Ferrans E.C. (2010). Vitamin D and Depression: Where is all the Sunshine? *Issues in Mental Health Nursing, 31*(6), 385-393. https://doi.org/10.3109/01612840903437 65

ENTREVISTA

Semana del Cerebro

Por: Horacio Cano Camacho

La ***Semana del Cerebro*** es un evento global que se celebra cada año con el objetivo de dar a conocer la importancia del cerebro, así como los avances en la investigación neurocientífica. Este evento se lleva a cabo en marzo y es organizado por instituciones científicas, universidades, hospitales y sociedades de neurociencia en diferentes países.

Durante la ***Semana del Cerebro*** se realizan conferencias, talleres, exposiciones interactivas y experimentos educativos dirigidos al público de todas las edades. Se abordan temas como la consciencia, la memoria, el aprendizaje, las emociones, las enfermedades neurológicas y la relación entre el cerebro y la tecnología.

Esta iniciativa fue impulsada por la **Dana Alliance for Brain Initiatives** y por la **Society for Neuroscience,** y ha crecido hasta incluir eventos en todo el mundo, promoviendo la divulgación científica y el interés por la neurociencia.

Tenemos ahora una conversación con los coordinadores de uno de los eventos organizados en la ciudad de Morelia, Michoacán. Esta coordinación incluye al Dr. Jorge Contreras Garduño de la ENES-Universidad Nacional Autónoma de México, a la Dra. Esperanza Meléndez Herrera del INIRENA-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y la Dra. Naima Lajus Ávila del CIB-Instituto Mexicano del Seguro Social.

¿Qué es la *Semana del Cerebro* y cuál es su principal objetivo?

Esperanza Meléndez Herrera (EMH). La *Semana del Cerebro* es un evento mundial que se lleva a cabo durante la segunda semana de marzo y tiene como objetivo difundir la investigación en neurociencias. Este evento busca hacer accesible el conocimiento sobre el cerebro, tanto a comunidades académicas como al público en general, promoviendo el interés por la ciencia en diversos sectores de la sociedad.

¿Cómo se plantearon organizar la *Semana del Cerebro* en términos de logística?

Naima Lajus Ávila (NLA). La verdad fue un esfuerzo más bien espontáneo. Esa es la ventaja de trabajar con un gran grupo de colaboradores. Cada uno tenemos diferentes fortalezas, por lo que la distribución de los esfuerzos surgió de forma más orgánica y ajustada a esas fortalezas. De esa forma, los que tenemos más aptitud para la organización nos encargamos de coordinar con la sede, mientras que los que tenemos más aptitud para el diseño o la parte visual nos encargamos de la difusión y de las exposiciones. También fue muy importante contar con el apoyo del fabuloso equipo del Centro Cultural de la UNAM y de los talleristas que conocen muy bien su trabajo y son expertos en este tipo de actividades.

¿Qué tipo de actividades se llevan a cabo durante la *Semana del Cerebro*?

EMH. Como evento global, la *Semana del Cerebro* se distingue por su diversidad. Afortunadamente, existen actividades para todo el público, desde conferencias de temas muy especializados hasta talleres para el público infantil. En Morelia, se llevan a cabo múltiples actividades de divulgación en paralelo, adaptadas a diversos intereses y audiencias. Idealmente, cualquier persona podría entender e interesarse en todas las actividades, pero como sabemos, el interés por el cerebro es desde nuestra propia diversidad. Así, habrá personas interesadas en entender cómo funciona el cerebro enamorado o cómo cambia el cerebro de una mujer en la maternidad; mientras que alguien más se interesa en la consciencia de sí mismo o en las bases neurobiológicas de la ansiedad. Nuestro grupo está interesado en ofrecer una amplia gama de actividades que pueden interesar a todos los públicos, desde talleres interactivos que utilizan los beneficios de la tecnología hasta exposiciones artísticas, sin perder de vista el valor del contacto directo con investigadoras e investigadores, cuya experiencia resulta fundamental para inspirar a las nuevas generaciones.

¿Cómo seleccionan a los ponentes y facilitadores para los eventos?

NLA. Los ponentes fueron seleccionados, principalmente, con base en su trayectoria tanto académica como profesional. Nuestra prioridad fue invitar a personas que realizan investigación de frontera y que tienen un buen número de publicaciones reconocidas a nivel internacional. La pertenencia al Sistema Nacional de Investigadores y la trayectoria también fueron importantes. Cabe destacar que admiramos profundamente a nuestros invitados que se ofrecieron a venir a apoyarnos, incluso con dinero de su propio bolsillo. Otra parte relevante para nosotros, al seleccionar a los ponentes, fue incluir investigadores jóvenes (recién egresados de doctorado o posdocs) que, aunque apenas inician, ya cuentan con trayectorias brillantes. Por eso instauramos la charla «Mentes emergentes».

¿Qué medidas se toman para asegurar que la información proporcionada sea precisa y actualizada? Esto lo pregunto por la existencia de muchas personas a «colar» actividades pseudocientíficas en otros eventos.

EMH. Como lo comentó Naima, hacemos una selección meticulosa de la trayectoria científica de nuestros invitados; cada uno es líder en su campo de investigación y tiene un reconocido prestigio nacional e internacional. Nunca hemos tenido dudas sobre la calidad de la información que presentarán y, afortunadamente, todos han superado con creces nuestras ya altas expectativas, por lo que seguiremos confiando en que sus indicadores académicos son garantía de la rigurosidad y de la excelencia del conocimiento que comparten.

¿Cómo se financia la realización de la *Semana del Cerebro*?

NLA. Contamos con apoyo financiero del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán, de la Sociedad Mexicana de Cien-

cias Fisiológicas por medios del Capítulo Ciudad de México, de la Society for Neuroscience y también de nuestros fondos personales.

¿Qué impacto esperan de la *Semana del Cerebro* en la comunidad?

EMH. Esperamos que el público que tenga curiosidad por las neurociencias encuentre en la *Semana del Cerebro* información novedosa directamente de los científicos expertos, pero también esperamos que el público en general vea que sus impuestos financian investigaciones de calidad orientadas a resolver problemas que nos interesan a todos y a todas. Hemos enfocado nuestros esfuerzos en invitar a especialistas en temas de interés general, asegurando, al mismo tiempo, la equidad de género. Esto es especialmente importante para nuestro grupo, ya que buscamos que las jóvenes identifiquen la ciencia como una opción real de desarrollo profesional y vean en nuestras invitadas e invitados un ejemplo tangible de que se pueden convertir en científicas o científicos.

¿Cuáles son sus planes futuros para la *Semana del Cerebro*?

EMH. ¡Tenemos grandes planes! Primero, queremos mantener la calidad del evento, invitando a investigadoras e investigadores de reconocido prestigio nacional e internacional cuya trayectoria conozcamos y admiremos. Tal vez, algunos serán viejos amigos y algunos otros amigos por conocer, pero siempre serán líderes en su área académica. Queremos que las secciones *Mentes emergentes* y la *Cátedra neurociencia de frontera* se mantengan como espacios permanentes, asegurando que jóvenes investigadores e investigadoras tengan las mismas oportunidades que especialistas consolidados para acercarse al público de Morelia y compartir sus conocimientos. Además, buscamos rotar la sede del evento para ampliar su alcance, más allá de los recintos académicos tradicionales.

La primera edición de la *Semana del Cerebro* se llevó a cabo en el Centro Cultural de la UMSNH, mientras que la de este año fue en el Centro Cultural de la UNAM. Esperamos que la próxima edi-

ción podamos realizarla en el Centro Cultural del IMSS, fortaleciendo así la vinculación con distintos sectores de la sociedad. También queremos hacer una tradición anual: que exista un número especial de *Saber Más* destinado a divulgar la investigación en neurociencias. Desde el principio, consideramos que *Saber Más* debe ser parte fundamental para garantizar el éxito del proyecto, por lo que estamos muy agradecidos por esta oportunidad.

Una pregunta extraña a estas alturas de la charla. En lo personal, ¿por qué se dedican a investigar temas relacionados con el cerebro, incluyendo modelos —digamos— un poco extraños?

NLA. Yo sé que estudiar la salud mental usando ratas pudiera sonar un poco extraño, ¡pero en realidad es de lo más normal! La gran mayoría de los conceptos y el conocimiento que tenemos sobre el cerebro viene del uso de roedores y solo una muy pequeña cantidad de cosas fueron descritas por primera vez en humanos. Los animales no humanos tienen diversas ventajas. La primera es la parte ética. Experimentar en humanos está estrictamente prohibido. En mi caso es peor, ya que trabajamos con organismos en desarrollo y experimentar en niños es impensable. La segunda ventaja, es que los roedores son animales que alcanzan la adultez relativamente rápido, lo cual nos permite estudiar los efectos a largo plazo de los tratamientos sin tener que esperar decenas de años a que los individuos lleguen a la madurez. La tercera es el costo. Los animales de laboratorio son pequeños y requieren pocos recursos para su mantenimiento. Esto permite estudiar a varios animales al mismo tiempo y hacer estudios estadísticamente robustos con relativa facilidad.

EMH. A mí, desde siempre, me ha interesado el funcionamiento del cerebro. Primero, comencé interesada en entender el funcionamiento en humanos, luego me especialicé en el desarrollo del

sistema nervioso en ratas y, posteriormente, ¡terminé interesada en el estrés y la conservación de tortugas marinas! De toda esta trayectoria he entendido que los mecanismos que subyacen al funcionamiento del cerebro son muy parecidos entre los diferentes modelos experimentales. Ahora estoy muy interesada en entender cómo el organismo «negocia sus recursos» para mantener el funcionamiento de los diferentes sistemas ante retos ambientales. Mantengo una colaboración activa con la Dra. Lajud, y estamos entusiasmadas explorando cómo el estrés, asociado a infecciones, al cambio climático o la inversión materna diferencial, impacta en la función cerebral, a menudo con resultados inesperados.

Jorge Contreras Garduño (JCG). Por mi parte, cuando buscaba hacer la tesis de licenciatura, visité laboratorios en la UNAM que se dedicaran a establecer las bases neurofisiológicas de la elección de pareja; sin embargo, nadie lo hacía. En ese tiempo, mi primer mentor, el Dr. Hugh Drummond del Instituto de Ecología de la UNAM, me dijo que primero estudiara el comportamiento a nivel de organismo y, después, a su debido tiempo, que analizara sus cerebros. Ahora, casi 25 años después, estamos analizando las bases neurales de la elección de pareja en insectos.

¿Algo que quieran agregar?

EMH. Quiero agradecer profundamente a todo el equipo que nos ha apoyado en estas dos ediciones de la *Semana del Cerebro.* A mis compañeros y amigos organizadores, al equipo técnico, a quienes participaron como ponentes, a las instituciones que brindaron su apoyo y, por supuesto, a todo el público que nos acompañó en cada actividad. Este año, la respuesta fue extraordinaria, superando por mucho nuestras expectativas. Esperamos que el siguiente año tengamos aún más interesados en entender cómo funciona el cerebro.

Muchas gracias a ustedes por la *Semana* y, desde luego, por esta charla.

ARTÍCULO

Optogenética: Cuando las neuronas ven la luz

Gabriel Herrera-López

https://pixabay.com/es/illustrations/humano-cerebro-avatar-biolog%C3%ADa-5937756/

Resumen
La optogenética es una técnica que ha transformado la neurociencia, ya que permite el control específico de la actividad neuronal mediante la luz, con la que se han superado limitaciones de métodos anteriores, ofreciendo una precisión en el estudio de las funciones cerebrales complejas. La base de la optogenética radica en el uso de proteínas sensibles a la luz —como la canalrodopsina-2— que, al exponer a esta, desencadenan respuestas neuronales precisas, lo que permite encender o apagar neuronas a voluntad. Esta capacidad ha permitido realizar experimentos en modelos animales que revelan cómo ciertas áreas del cerebro controlan comportamientos específicos, como la ingesta de alimentos. La optogenética abre nuevas posibilidades terapéuticas para tratar enfermedades neurológicas. Aunque se ha avanzado mucho, su potencial clínico aún está en desarrollo, ofreciendo un futuro prometedor en la medicina.
Palabras clave: Aprendizaje y memoria, cerebro, comportamiento animal, optogenética.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 30/11/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

Gabriel Herrera-López. Investigador postdoctoral en Laboratory for Cellular Imaging and Energetics, Biological and Environmental Sciences and Engineering Division (BESE), King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Thuwal, Kingdom of Saudi Arabia.
gabriel.herreralopez@kaust.edu.sa

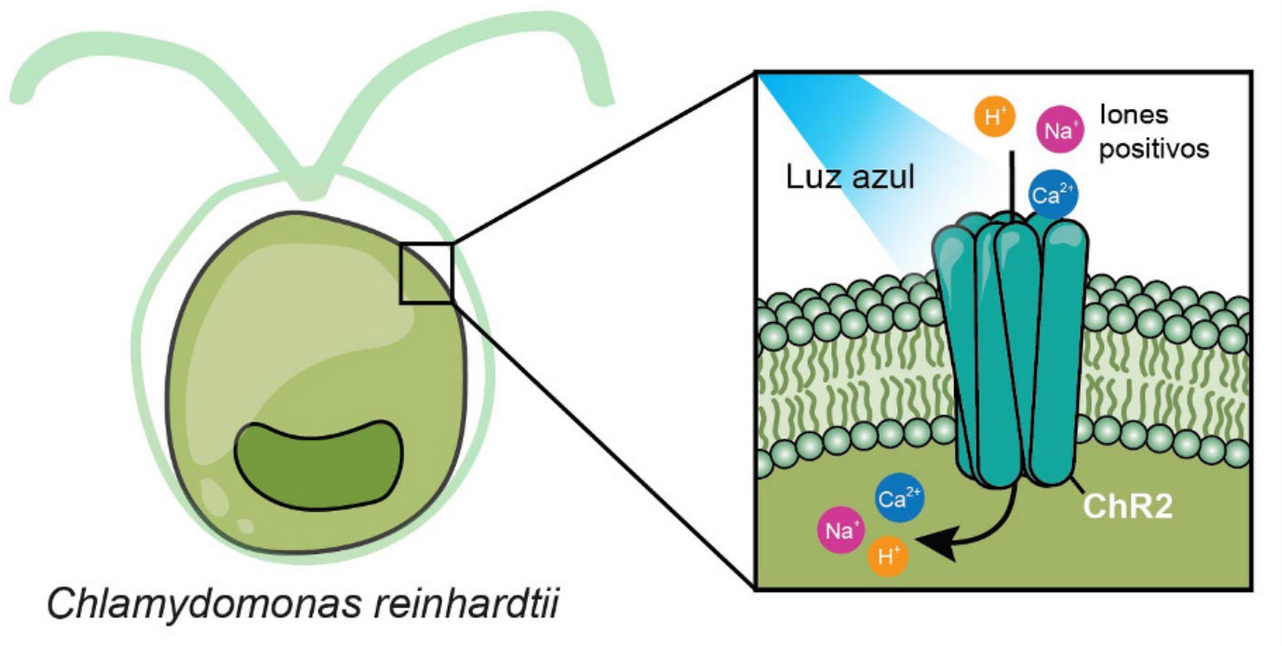
Develar los misterios del cerebro

El **cerebro** es un **sistema tan complejo** que se han tenido que desarrollar **diferentes estrategias para estudiarlo,** utilizando modelos animales simples como el gusano *Caenorhabditis elegans* o mamíferos pequeños como rata o ratón con los que se pueden usar electrodos de estimulación eléctrica, hasta **técnicas de imagen** que permiten identificar áreas del cerebro que se activan al realizar alguna acción específica, una **técnica no invasiva llamada resonancia magnética funcional.**

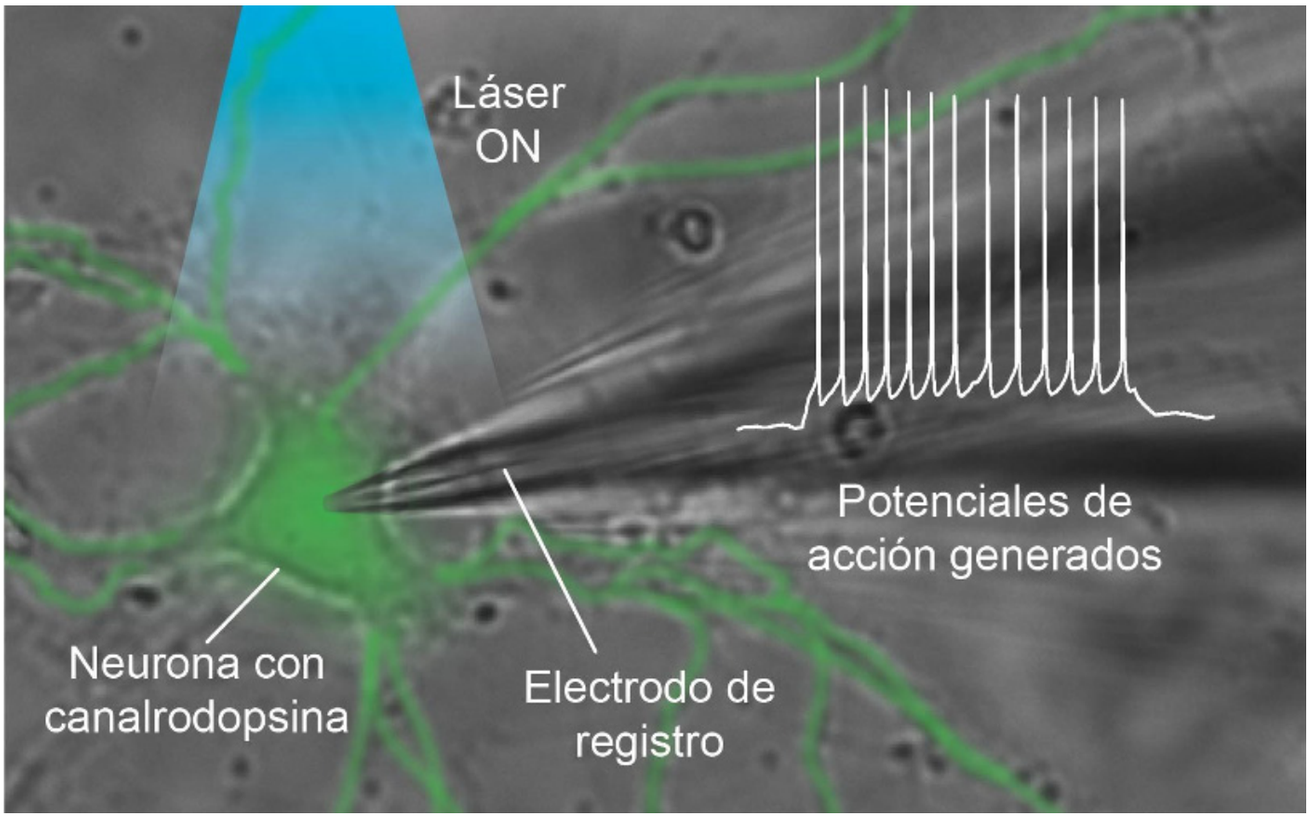
Sin embargo, todas las técnicas tienen ventajas y desventajas. Una de las principales limitaciones del estudio de las funciones de las partes del cerebro es su especificidad. Desde algunos años atrás, sabemos, por ejemplo, que **el hipocampo es un área cerebral que controla procesos de aprendizaje y memoria a corto plazo,** pero aun el hipocampo, más pequeño que el cerebro, es **bastante complejo,** ya que cuenta con comunicación entre las células que lo componen y con otras estructuras del cerebro, coordinándose armónicamente para controlar los procesos que les adjudicamos.

Entonces, ¿cómo podemos saber que un área cerebral en verdad se encarga de manipular una tarea en específico? Y, más allá, ¿será que cada neurona de un área en particular participa de la misma manera en el control de las tareas del cerebro, como aprender o decidir qué comer? Las respuestas a estas y otras preguntas se habían escapado de las manos de los neurocientíficos debido a la poca especificidad de las técnicas existentes, pero **en los últimos años se han desarrollado metodologías que permiten estudiar el cerebro desde otra perspectiva.**

Pensemos en la **posibilidad de ponerles a las células del cerebro un interruptor de encendido** que podamos manipular a nuestro antojo y, además, que lo podamos expresar de forma específica en un solo tipo celular según lo que deseemos estudiar. Hasta aquí todo suena como una historia de ciencia ficción, pero la realidad es más impresionante. La posibilidad de activar neuronas a demanda existe y se ha logrado gracias a una **técnica llamada optogenética** que usa un vector para acarrear proteínas sensibles a la luz y expresarlas en neuronas para manipular su actividad. La receta para la optogenética **requiere cuatro ingredientes: neuronas** que queremos estudiar, **interruptor** de encendido, una manera de **poner el interruptor** y **luz** para activar el interruptor.



Canalrodopsina del alga *Chlamydomonas reinhardtii*. Cuando la canalrodopsina entra en contacto con luz azul, se abre y permite el paso de iones positivos, lo que genera un cambio de potencial eléctrico dentro de la célula, estimulando su actividad. (Elaboración propia).



Respuesta celular de una neurona estimulada con luz tras expresar canalrodopsina. (Elaboración propia).

En búsqueda de un interruptor. La ayuda de un alga

El desarrollo de la optogenética comenzó, por así decirlo, lejos de las neurociencias, en un organismo carente de cerebro: un **alga microscópica unicelular llamada *Chlamydomonas reinhardtii*.** Estas algas se mueven según lo hace la luz del sol, casi como si fueran capaces de ver la luz, aunque no tienen ojos. Esto es posible gracias a que expresan una proteína similar a la de nuestros ojos que nos permite ver, un grupo de **moléculas conocidas como opsinas,** las cuales **responden a diferentes longitudes de onda de la luz.** En el caso de esta alga (*C. reinhardtii*), esta proteína sensible a la luz recibe el nombre de canalrodopsina-2 (o solo canalrodopsina), referida en inglés como *channelrodopsin-2* (ChR2) y se convirtió en un muy **buen candidato para activar neuronas a voluntad,** tanto así, que se pudo usar por primera vez en el año 2005 para activar neuronas usando luz, esto gracias al equipo de investigación de Karl Deisseroth en la Universidad de Stanford, en California.

Hasta aquí, tal vez te estés preguntando por qué no usamos nuestras propias opsinas como interruptor y en su lugar tuvimos que encontrar la canalrodopsina en otro organismo. La razón es que **nuestras opsinas y las de las algas funcionan de manera muy diferente.** Aunque ambas responden a la luz, las de nuestros ojos son lentas y dependen de la activación de segundos mensajeros, algo así como una cadena de relevos dentro de la célula, mientras que la opsina de las algas es mucho más rápida y solo requiere abrirse para permitir el movimiento de iones hacia el interior de la célula para generar una corriente eléctrica que active las neuronas.

Esta corriente se logra gracias al paso de iones positivos como H+, Na+ y Ca2+, átomos cargados que, al entrar a la neurona, cambian el potencial eléctrico y permiten que la neurona «dispare» potenciales de acción, choques eléctricos que facilitan la liberación de neurotransmisores, mensajeros químicos con la capacidad de enviar un mensaje específico a la siguiente neurona conectada.

Aunque la canalrodopsina fue la primera en usarse, **actualmente existen muchas otras proteínas que se pueden emplear para estudios del cerebro mediante optogenética,** como la halorodopsina, que se activa con luz amarilla y permite el paso de iones cargados negativamente a la célula

(particularmente Cl-), lo que da como resultado una reducción de la actividad cuando se expresa en las neuronas.

Instalando el interruptor en las neuronas o la genética de la optogenética

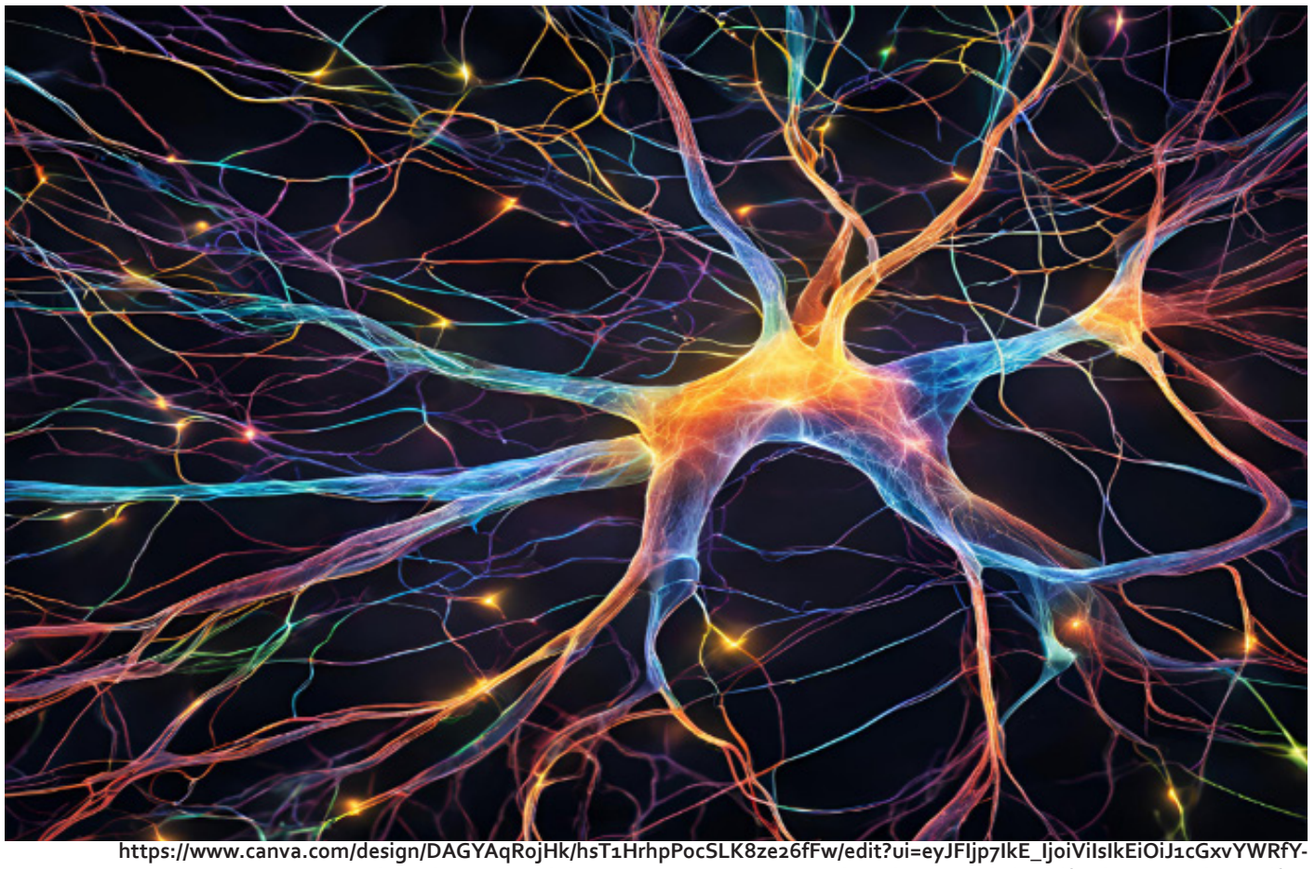
Tomar la proteína del alga y ponerla en las neuronas es un proceso relativamente sencillo, ya que podemos aprovechar un mecanismo que ya existe en la naturaleza para introducir material genético a las células: los virus.

Cada proteína está codificada por un gen, un fragmento de ADN en el núcleo de las células que podemos pensar como las instrucciones para hacer una proteína. Si conocemos la secuencia de este gen, podemos sintetizarlo y dárselo a las células que deseemos para que lo expresen. Este fragmento de ADN se entrega a las neuronas gracias a un proceso común a todos los virus. Primero, generamos **un virus que contenga el fragmento de ADN que codifica para la canalrodopsina,** luego **ese virus se inyecta en el cerebro de ratones o en neuronas en cultivo**, permitimos que el virus infecte las neuronas y que les inyecte el material genético; al hacer esto, las neuronas cuentan con la receta para hacer la canalrodopsina.

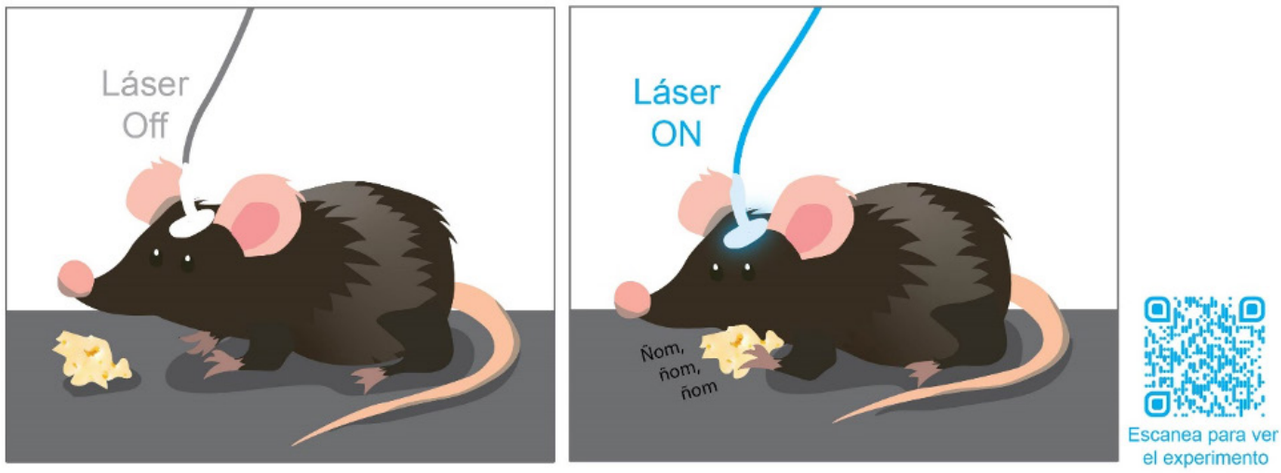
Para la especificidad, y permitir que la canalrodopsina solo se exprese en un tipo particular de neuronas, el vector viral se combina con el uso de animales transgénicos, pero dejemos eso para otra ocasión. Tal vez te imagines que esta maniobra podría ocasionar una catástrofe mundial como la de la pandemia por COVID-19, pero no hay de qué alarmarse, ya que dentro de los virus más usados como vectores tenemos los adenovirus asociados que, irónicamente, no han sido asociados con ninguna enfermedad en los humanos.

Aplicando la optogenética

Si bien la optogenética se usó por primera vez en experimentos *in vitro,* sin duda alguna son más vistosos los experimentos diseñados para estudiar el comportamiento animal, aplicación gracias a la cual llegué a conocer la técnica. Para este tipo de experimentos, se inyecta el virus directamente en el cerebro de ratones para que expresen la canalrodopsina y **también se les implanta una fibra óptica que dirige un láser a la zona donde están las**



https://www.canva.com/design/DAGYAqRojHk/hsT1HrhpPocSLK8ze26fFw/edit?ui=eyJFIjp7IkE_IjoiViIsIkEiOiJ1cGxvYWRfY-2NiMGNhNmMtYmJjZioONzI2LWFmZDItMDE5Y2ZjMTBjNDAwIiwiQiI6IkIifSwiRyI6eyJCIjpocnVlfXo



Experimento de optogenética. Ratón con fibra óptica implantada cerca del hipotálamo lateral. La activación de estas neuronas con luz, gracias a la presencia de canalrodopsina, ocasiona una estimulación de la conducta de ingesta y el ratón come. Puedes ver el video del experimento real, escaneando el código QR a la derecha del segundo panel. (Elaboración propia).

células a las que se les incluyó la canalrodopsina para activarlas o inactivarlas con la presencia de la luz. Esto resulta, según una buena amiga, en ratoncitos con sombrero.

La siguiente imagen ilustra un **experimento** en el que la canalarodopsina se expresó en **neuronas del hipotálamo,** un área cerebral que, entre otras cosas, **regula la ingesta de alimentos.** Cuando la luz del láser está apagada, el ratoncito es indiferente a la presencia de alimento, pero cuando se enciende la luz, se activan las neuronas del hipotálamo, el ratón toma el alimento más cercano y comienza a comer. La conducta cesa al apagarse el láser.

Este es solo uno de muchos ejemplos de experimentos que se han logrado utilizando esta técnica, ya que **también se ha propuesto para el tratamiento de trastornos como la enfermedad de Alzheimer, los infartos cerebrales y el manejo del dolor,** entre otros.

Decía un amigo del laboratorio donde hice mi doctorado: «Sería maravilloso poder apagar el dolor a voluntad, con solo oprimir un interruptor».

La optogenética es una técnica poderosa

Esta técnica ha permitido desentrañar varios de los misterios del funcionamiento del cerebro en condiciones fisiológicas normales y durante procesos patológicos, permitiendo su uso rutinario en varios laboratorios del mundo. Su especificidad y selectividad, la hacen un candidato con aplicaciones clínicas, aunque para eso, aún falta camino por recorrer.

Boyden E.S., Zhang F., Bamberg E., Nagel G. y Deisseroth K. (2005). Millisecond-timescale, genetically targeted optical control of neural activity. *Nature Neuroscience, 8*(9), 1263-1268. https://doi.org/10.1038/nn1525

Krawczyk M., Millan J. y Boccia M. (2017). Optogenética: Un haz de luz para conocer las funciones cerebrales. *Ciencias e Investigación, 67*(3), 29-34. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/48314/CONICET_Digital_Nro.a6795908-9577-412f-a5af-4816d7455e8e_A.pdf?isAllowed=y&sequence=2

Pérez-Túlich L. (2019). Desarrollo de ratones *knockout. Blog de Bioingeniería*. https://www1.utec.edu.pe/blog-de-carreras/bioingenieria/desarrollo-de-ratones-knockout

Suleng K. (2018). Optogenética, la gran revolución del estudio del cerebro. *OpenMind.* https://www.esi.academy/wp-content/uploads/1LP6-Optogene%CC%81tica-la-gran-revolucio%CC%81n-del-estudio-del-cerebro-OpenMind-copia-2.pdf

Yuste R. (2019). Las nuevas neurotecnologías y su impacto en la ciencia, medicina y sociedad. Universidad de Zaragoza. *Zaguán. Repositorio Documental de Documentos.* https://doi.org/10.26754/uz.978-84-1340-038-9

ARTÍCULO

Microbiota intestinal y desarrollo cerebral del recién nacido

Luz Torner y Karla Alejandra Ponce

https://www.freepik.com/free-photo/newborn-baby-holding-hands-mom_5897151.htm#fromView=search&page=3&position=2&uuid=00db5ee6-4f54-4afe-8214-31fa98b626c5

Luz Torner. Investigadora del Centro de Investigación Biomédica de Michoacán. Morelia, Michoacán, México.
luz_torner@yahoo.com

Karla Alejandra Ponce. Hospital General Regional N 1, Charo, Michoacán, México.
a.poncev92@gmail.com

Resumen
Desde hace varios años, se ha reconocido una comunicación bidireccional entre el Sistema Nervioso Central y la microbiota intestinal, la cual constituye el eje microbiota–intestino–cerebro. Desde antes del nacimiento, los intestinos del recién nacido son invadidos por millones de bacterias —constituyendo la microbiota intestinal— que contribuyen de forma importante a la maduración y funcionamiento del sistema nervioso. Esto incluye el desarrollo y maduración de la barrera hematoencefálica, la generación de neuronas y de otras células neurales y, además, influencia la migración neuronal durante el desarrollo. Aquí comentaremos los mecanismos que operan detrás de la disbiosis intestinal, los cuales repercuten en el desarrollo cerebral del neonato y pueden desembocar en desórdenes mentales.
Palabras clave: Bacterias, cerebro, desarrollo, microbiota.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 30/11/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

La microbiota intestinal en la salud humana

La microbiota intestinal **contribuye de forma significativa a la salud del ser humano** y de todos los seres vivos, y eso **incluye a la salud mental.** Desde hace varios años, se ha reconocido una **comunicación bidireccional entre el Sistema Nervioso Central y la microbiota intestinal,** la cual constituye el eje microbiota–intestino–cerebro. Diversos estudios han reconocido, poco a poco, la importancia que juegan las alteraciones en la composición de la microbiota intestinal (denominado esto como disbiosis intestinal) en las enfermedades mentales. Incluso, antes del nacimiento, **los intestinos del recién nacido comienzan a ser invadidos por una extensa gama de millones de bacterias,** las cuales viven dentro del cuerpo del infante y le acompañan de por vida, **contribuyendo a la maduración y funcionamiento del sistema nervioso.**

En este artículo, abordaremos los mecanismos en los que participa la microbiota intestinal para promover el desarrollo cerebral y mencionaremos algunos estudios que sugieren la posible relación de la microbiota intestinal con la salud mental.

¿Qué es la microbiota intestinal?

Todos los seres vivos estamos, literalmente, invadidos por millones de **microorganismos** que conviven dentro y fuera de nosotros, **en la piel y en cavidades orales, genitales, urinarias o intestinales,** y que funcionan de manera coordinada con nuestras células y sistemas corporales, de manera que tienen una gran influencia sobre nuestra salud. Estos microorganismos constituyen un verdadero bioma que comprende seres muy diversos, como **bacterias, virus, arqueobacterias y hongos.**

Se considera que el número total de microorganismos, denominados microbiota, que está presente en el ser humano, es de **alrededor de 100 billones de bacterias, comprendiendo entre 150 a 170 especies.** De estos, una cantidad importante, y muy diversa, está presente en nuestros intestinos y es lo que se ha llamado microbiota intestinal. Su composición varía a lo largo de la vida, dependiendo del medioambiente, la edad, la dieta, el uso de antibióticos, etc.

¿Cuáles son las funciones de la microbiota intestinal?

La microbiota intestinal tiene tres papeles principales: 1) Sirve de **barrera protectora** contra la invasión y crecimiento de microorganismos patógenos; 2) Ayuda a **digerir y metabolizar** los alimentos que se consumen desde los primeros meses de vida (el colostrum y la leche materna) y continúa

Funciones de la microbiota

1. Barrera protectora contra microorganismos patógenos
2. Ayuda a digerir y metabolizar los alimentos y produce metabolitos importantes para el Sistema nervioso
3. Controla la proliferación y diferenciación de las células del epitelio intestinal y regula la homeostasis de los sistemas inmune y metabólico

Diferentes funciones de la microbiota intestinal.

Tres vías de comunicación entre la microbiota y el cerebro. Conexión microbiota–intestino–cerebro.

esta tarea durante la edad adulta; 3) Controla la **proliferación y diferenciación de las células** que recubren a los intestinos (epitelio intestinal)y, además, colabora con el sistema de defensa (o sistema inmune) y con el metabolismo.

Conexión microbiota–intestino–cerebro

La regulación de la función intestinal por el sistema nervioso se había reconocido hace años; sin embargo, solo en años recientes se descubrió que esta comunicación es bidireccional. Las bacterias y otros microorganismos intestinales producen una serie de metabolitos e influyen significativamente en los mensajeros químicos y sustancias producidas por nuestro organismo. De esta manera, **afectan a los distintos mensajeros químicos** de las tres vías o **sistemas inmunológicos** (citocinas), **endócrinos** (hormonas) y **neurales** (neuropéptidos y neurotransmisores).

La vía inmunológica. La microbiota intestinal contribuye al estado inflamatorio propio de nuestro organismo. Esto se debe a que existe un escurrimiento mínimo o extravasación de bacterias y sus componentes al torrente sanguíneo, produciendo un leve grado de inflamación y pueden, en condiciones específicas, provocar una respuesta inmune inflamatoria en el organismo. Por otra parte, existen grupos de bacterias benéficas que disminuyen el pH intestinal a valores ácidos, lo que prohíbe la invasión del intestino por bacterias patógenas.

El sistema endócrino o vía endócrina. La microbiota influye en la actividad del eje neuroendocrino denominado hipotálamo-hipófisis-suprarrenales o eje HHA. Este eje se activa durante la respuesta al estrés, secretando cortisol, el cual es un mensajero químico hormonal que tiene funciones sobre el metabolismo y que, además, puede ingresar al cerebro, afectándolo también. Condiciones donde el cortisol se encuentra constantemente elevado, como cuando se sufre de estrés crónico, pueden promover estados de inflamación en el sistema nervioso con el consiguiente daño neuronal, lo que puede desembocar en alteraciones de los estados emocionales, como ansiedad o depresión.

La vía neuronal. La microbiota intestinal se comunica de forma bidireccional con el cerebro mediante las fibras del nervio vago. Este nervio forma parte del sistema nervioso autónomo y hace contacto de forma importante con muchos de nuestros órganos corporales —entre ellos el intestino— para regular sus funciones, además de promover una actividad antiinflamatoria e influir de forma directa al sistema nervioso central.

Microbiota intestinal del neonato

La colonización de nuestro organismo **comienza desde la etapa intrauterina** por las bacterias presentes en la **matriz de la madre y contribuye el tipo de nacimiento: parto natural o por cesárea.** Al momento del parto, los recién nacidos

quedan expuestos a diversos grupos de bacterias. En los nacimientos por cesárea, la contribución está a cargo de bacterias del ambiente y bacterias de la piel. En los nacimientos por parto natural, los recién nacidos se exponen a las bacterias del canal vaginal de la madre, las cuales son diferentes a las de la piel. Los bebés nacidos antes de tiempo, o pretérmino, tienen su sistema de intestinos más inmaduro, por lo que su pared intestinal no es tan eficiente para combatir la invasión de bacterias patógenas.

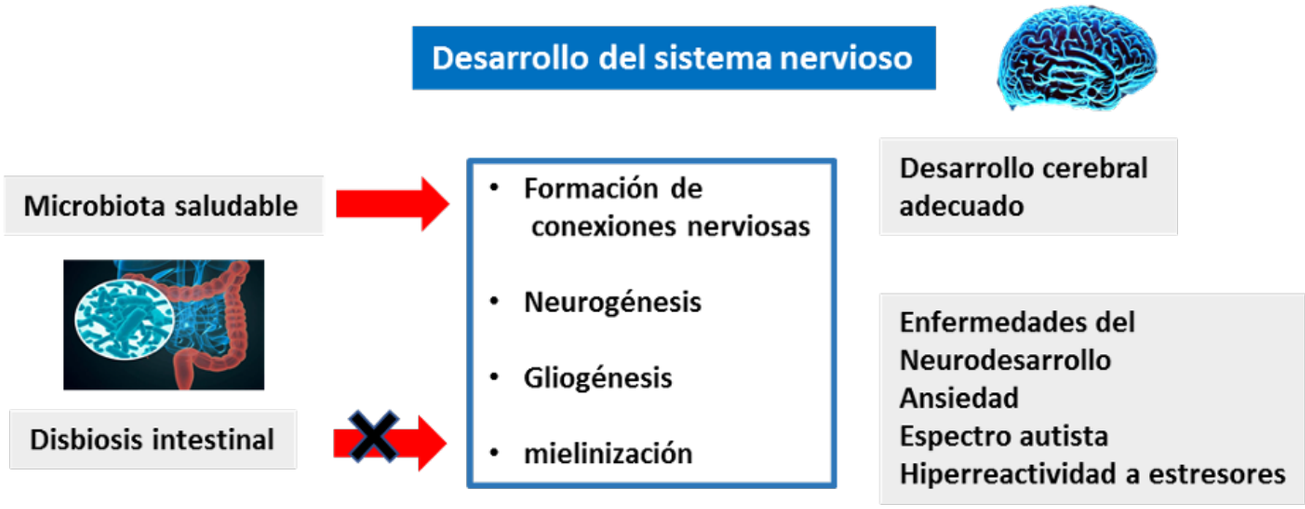
Microbiota y desarrollo cerebral

En el ser humano, el cerebro se desarrolla rápidamente durante el tercer trimestre de gestación y continúa madurando en la etapa postnatal temprana, alcanzando el 80 - 90 % de volumen del cerebro adulto hacia los dos años de edad. Existen diversos estudios que proporcionan evidencia sobre la **participación activa de la microbiota en el desarrollo y progreso del sistema nervioso central.** Estos procesos incluyen el desarrollo y la maduración de la barrera hematoencefálica, la mielinización (proceso de recubrimiento de los nervios por una proteína especializada llamada mielina), la generación de neuronas o neurogénesis, y la maduración de otras células neurales, entre ellas, las células de defensa cerebral llamadas microglías.

Otro evento en el que participa la microbiota intestinal es influenciando la migración neuronal durante el desarrollo. La microbiota intestinal también **produce una serie de metabolitos que son precursores de algunos mensajeros químicos del cerebro,** los cuales pueden interaccionar con vías de diferenciación y supervivencia neuronal en varias regiones cerebrales, modificando la diferenciación de las células madre cerebrales. También **promueven la producción de factores de crecimiento específicos en el cerebro,** promoviendo la supervivencia, el crecimiento, la maduración y el mantenimiento de las diferentes poblaciones de células del sistema nervioso.

Estudios recientes también han mostrado que la microbiota intestinal **juega un papel importante en la aparición de algunas enfermedades o condiciones mentales** que ocurren durante el desarrollo. Estos se definen como un grupo de condiciones que se ponen de manifiesto durante los primeros años del individuo e incluyen enfermedades como el desorden del espectro autista, el **desorden de hiperactividad y déficit de atención, y ciertos tipos de discapacidades motoras o de aprendizaje.**

El mecanismo propuesto es complejo, pero involucra la alteración de algunas de las funciones fundamentales de la microbiota. La disbiosis intestinal provoca un «escurrimiento» o invasión de las bacterias intestinales a la circulación, lo que debilita a la barrera intestinal; dichas bacterias llegan al torrente sanguíneo y pueden influenciar a las células del sistema inmune, ya que producen metabolitos, ácidos grasos y sales biliares. Por su parte, las células inmunes activan su sistema de alerta, que es la inflamación, en todo el organismo. Además, como las células inmunes viajan al cerebro junto



Influencia de la microbiota intestinal sobre el desarrollo del sistema nervioso.

con sus mensajeros químicos llamados citocinas, pueden desencadenar procesos de alerta o inflamación también en el compartimento cerebral, al influenciar a las células de defensa locales llamadas microglías.

Otra parte del mecanismo de daño se da por la **generación de fragmentos de los azúcares complejos que recubren la pared de las bacterias patógenas.** Se sabe que estos fragmentos pueden entrar al cerebro, ya que cruzan la barrera hematoencefálica y activan procesos de inflamación en el cerebro. Estos últimos eventos tienen impacto sobre los procesos del desarrollo neural, que ya se mencionaron, como son la neurogénesis, la gliogénesis y la migración neuronal, entre otros procesos cerebrales.

En conjunto, todos estos mecanismos pueden dar como resultado alteraciones de la conducta social, de las respuestas a estresores y mayor ansiedad, y **pueden presentarse de forma aislada o manifestarse de forma múltiple, como en el espectro autista.** Estudios recientes, empleando modelos animales, demuestran la importancia de la microbiota en el desarrollo y en la función cerebral. Así, se ha demostrado que los ratones libres de bacterias (por uso prolongado y exhaustivo de antibióticos) presentan una conducta de ansiedad exagerada y presentan niveles altos de corticosterona (el equivalente al cortisol en humanos). Estas alteraciones se revirtieron después de que los investigadores permitieron que se poblaran los intestinos de los ratones libres de bacterias con microbiota de ratones normales.

En otro estudio, se administraron heces fecales de bebés humanos prematuros a ratonas hembra embarazadas (para transferir la microbiota de los bebés prematuros a las crías de ratón). Posterior al nacimiento, se observó que el desarrollo cerebral de las crías de ratón estaba retrasado y, además, este grupo de ratones presentaban un aumento general de la inflamación. Por otra parte, también se han obtenido evidencias de estudios en humanos donde se observa que el aumento y/o disminución en familias específicas de las bacterias de la microbiota, parecen influir negativamente en el desarrollo cerebral.

En conclusión, **la microbiota intestinal influye de manera importante sobre el desarrollo cerebral, moldeando así nuestro comportamiento y nuestra salud mental.**

Imagen de freepik

sabermás

Castañeda-Guillot C. (2020). Microbiota intestinal y trastornos del comportamiento mental. *Revista Cubana de Pediatría, 92*(2). http://scielo.sld.cu/pdf/ped/v92n2/1561-3119-ped-92-02-e1063.pdf

Delgado A.L. y Moranth R.V. (2023). Eje Microbiota-Intestino-Cerebro. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7*(2), 4531-4547. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5666

Méndez-León E.M., Salazar-Quiñones I.C. y Castro-Albarrán J. (2022). Lactancia materna y microbiota. *Salud Jalisco, 9*(Esp.), 61-65. https://www.medigraphic.com/pdfs/saljalisco/sj-2022/sje221i.pdf

ARTÍCULO

Los olores de la abuela

Ana G. Gutiérrez-García

https://pixabay.com/es/photos/mujer-tarta-de-manzana-pasteles-3723444/

Resumen

Los recuerdos autobiográficos detonados, especialmente por el olfato, pueden ser muy potentes y familiares, una experiencia etiquetada como efecto *Proust*. La memoria olfativa está asociada con experiencias altamente emocionales y esto ha sido útil para proporcionar información sobre la conducta y los mecanismos cerebrales relacionados con la modulación de la emoción, como el miedo y otras muchas señales. Algunos olores provocan respuestas de empatía y de conducta social, ya que muchos animales confían en el olor para obtener información sobre su ambiente, por ejemplo, en el reconocimiento de las crías. En los animales hay un denominador común como la presencia de un sistema sensible a los cambios del medio que se relaciona con la supervivencia, con la detección de situaciones de riesgo, de posibilidad reproductiva o social, con la captura de moléculas químicas, entre otras modalidades sensoriales.

Palabras clave: cerebro, emociones, memoria olfativa, olfato.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 30/11/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

Ana G. Gutiérrez-García. Investigadora adscrita al Laboratorio de Neurofarmacología, Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
angutierrez@uv.mx

Los olores nos hacen recordar

Todos hemos experimentado, en más de una ocasión, aquella sensación nostálgica que nos genera un aroma. **Los olores evocan con fuerza recuerdos autobiográficos**. Permítame el lector compartir un ejemplo. Cuando por casualidad percibimos un olor en particular... Aquel dulce de higo que nos conduce inmediatamente a la casa de la abuela «Cuca», con aquella enorme higuera en medio del patio, inmensa para una niña de seis años.

Los **olores repetitivos, potentes y novedosos,** son especialmente **susceptibles de crear asociaciones emocionales olor-evento** (episodio), algo frecuente durante la infancia, ya que la mayoría de las experiencias infantiles suelen ser altamente significativas y novedosas. Esto es lo que **se conoce como efecto *Proust*,** llamado así en honor a Marcel Proust, aquel gran escritor francés que lo describió muy detalladamente en su espléndida novela *En busca del tiempo perdido*, en la cual narra un famoso episodio donde después de haber olido y probado una magdalena remojada en té, evocó su niñez, cuando visitaba a su tía Léonie.

Lo espectacular de este fenómeno evocado por nuestro cerebro, no solo consiste en recordar aquel instante, sino que también **se recuerdan detalles precisos** de la imagen de la casa donde ella vivía, su habitación, el pueblo, la gente, los jardines, entre otros; es decir, Proust experimentó una sensación altamente emocional acompañada de **todo un contexto multisensorial** que en ese momento había revivido gracias a ese simple suceso, algo difícil de lograr cuando el recuerdo es voluntario y no disparado por el estímulo sensorial, a saber, por el olor.

Por cierto, recordará el lector la emotiva escena de la película *Ratatouille*, en la que el inclemente crítico gastronómico, Anton Ego, saborea la ratatouille elaborada por una rata-chef llamada Remy, ¡cómo olvidarla! Esa escena, mi favorita, es una referencia directa a la magdalena de Proust. Deténgase un momento, mi querido lector... ¿Recuerda en su historia de vida algún efecto Proust?

Entonces, en apoyo de esta hipótesis proustiana, **los recuerdos marcados por el olor son más emotivos,** incluyen detalles relevantes del momento y son más fáciles de recordar, en muchos aspectos, con más fuerza que las modalidades visuales u otras modalidades sensoriales. Por tanto, **un olor puede generar emociones diversas como miedo, tristeza, e incluso enojo,** y esto se refleja inmediatamente en cambios de la frecuencia respiratoria y cardiaca, aumento de la sudoración o cambio en el

https://pixabay.com/es/photos/caf%C3%A9-frijoles-taza-taza-de-caf%C3%A9-1117933/

https://www.canva.com/design/DAGYALd7FII/BJW6ywbkIK1Ofen-laAXQfQ/edit?ui=eyJFIjp7IkE_IjoiViIsIkEiOiJ1cGxvYWRfZmVhMjk-zOTctN2I3MCooMzc4LTljMzEtMGIyOTZkOWIxMWViIiwiQiI6IkIifSwiR-yI6eyJCIjpocnVlfXo

calibre de los vasos sanguíneos, lo que produce el enrojecimiento o palidez de la piel, e incluso piel de gallina, entre otros cambios fisiológicos propios de la respuesta emocional y de la activación inseparable del sistema nervioso simpático; asimismo, también logra cambios en nuestro estado de ánimo, ya que de un momento a otro podemos ponerlos tristes, alegres o nostálgicos.

El efecto Proust y su fisiología

El **olfato y el gusto**, dos de los sentidos sensoriales llamados químicos, **se integran** automáticamente **para crear la percepción del sabor.** Los cambios en la calidad de un olor pueden crear una calidad del sabor más intensa. Por ejemplo, las asociaciones de olor a sal, como una sardina, aumentan la salinidad percibida en los alimentos. Pero también, cuando alguien enferma de gripa, la infección generalizada puede dar lugar a la no distinción entre el sabor de una manzana y una cebolla, aun cuando veamos y probemos tal alimento.

En términos evolutivos, **el sistema olfativo es esencial para la supervivencia y adaptación** de todos los animales a lo largo de la escala filogenética, desde los peces, reptiles, anfibios, aves, mamíferos, incluyendo al humano. El olfato **cumple múltiples funciones,** como estimular el apetito y alertar a la persona sobre alimentos nocivos, además de promover la comunicación quimio-sensorial, es decir, a través de este sistema sensorial **los individuos pueden reconocer a sus presas o predadores, a una cría o a una pareja potencial.**

Por asombroso que parezca, **todos los animales,** por lo menos los vertebrados, a pesar de las diferencias evolutivas en el desarrollo de un sistema nervioso centralizado, tienen en común contar con un conjunto de **estructuras y redes neuronales que permiten la detección de moléculas químicas del entorno.** La nariz contiene un epitelio especializado en la captación de señales químicas y en su procesamiento posterior por vías neurales que involucran varios circuitos cerebrales que regulan conductas típicas de las especies y que se relacionan directamente con su supervivencia y su conducta emocional.

Es común que **no nos percatamos de la función del sistema olfativo en nuestras vidas cotidianas,** de ahí la creencia aparente de que este sistema tiene que ver con la detección de un olor tóxico o putrefacto; de hecho, en muchas ocasiones, la detección de un aroma no es algo consciente y, sin embargo, dicho estímulo, al ser detectado por nuestro cerebro, genera cambios fisiológicos y conductuales relevantes en quien lo percibe.

Demos un ejemplo. Actualmente, se reconoce que hay una serie de **moléculas químicas en el líquido amniótico**, en el cual muchas especies de mamíferos se encuentran inmersos por periodos relativamente largos durante su desarrollo antes del nacimiento. En la especie humana sabemos que, unos nueve meses en promedio, pasamos nuestra vida intrauterina probando y olfateando las moléculas químicas ahí presentes, pero al momento de nacer, resulta que esas mismas sustancias están en la misma proporción química en el calos-

tro y la leche materna; de tal suerte que, **cuando un bebé nace**, relativamente ciego, pero **con un excelente olfato y gusto,** ya es capaz de detectar los olores provenientes del seno materno que lo orientan para encontrar y comenzar su nutrición y supervivencia postnatal. **Las madres son capaces de discriminar el olor de sus crías del de otras;** de la misma manera, **los recién nacidos reconocen el olor materno**, pero no lo hacen ante el olor de otras mujeres no lactantes.

El procesamiento central de la olfacción

Los animales que tenemos un cerebro y una médula espinal protegidos por hueso, es decir, los vertebrados, tenemos la capacidad de reconocer los olores a través de un sistema olfativo dual, conformado por el **sistema olfativo principal** y el **sistema olfativo accesorio,** también llamado sistema vomeronasal. El sistema olfativo principal está **relacionado con la detección de olores que se encuentran en el ambiente;** por su parte, el **sistema vomeronasal detecta feromonas,** sustancias químicas que son producidas y secretadas por un individuo y que, al ser detectados por otro miembro de la misma especie, producen cambios conductuales en este último. Durante mucho tiempo se consideró que el sistema vomeronasal era exclusivamente el detector de feromonas. Hoy se reconoce que tanto el sistema olfativo principal como el accesorio registran este tipo de sustancias.

Así, en el **sistema olfativo principal,** la estructura cerebral crítica para **recibir y procesar la información olfativa es el bulbo olfatorio,** constituido por un patrón laminado con diferentes tipos de neuronas, algunas de las cuales se proyectan a estructuras profundas del lóbulo temporal, como la corteza piriforme, la amígdala, la formación del hipocampo y hacia partes anteriores del cerebro como la corteza prefrontal. Por lo tanto, el bulbo olfativo es la **primera estructura de una compleja red cognitiva que relaciona el olfato con diferentes tipos de memoria,** incluidos los recuerdos episódicos, es decir, la llamada memoria emocional olfativa del efecto Proust, ya descrito anteriormente.

En paralelo, la información viaja hacia otras zonas del cerebro, como el hipotálamo, donde se integran respuestas de nuestro sistema nervioso autónomo como incremento de la frecuencia car-

https://pixabay.com/es/photos/flor-olor-ni%C3%B1a-respirar-alergia-5221238/

diaca, sudoración, sentir mariposas en el estómago, entre otras. Finalmente, **la información se desplaza hacia las áreas motoras de la corteza y estructuras subcorticales que regulan conductas** como el ataque, la huida, la aproximación o el congelamiento. Así, es como se integran las respuestas relacionadas con la reproducción, la conducta social, el cuidado maternal, el miedo, la defensa o la huida.

Disfunciones olfativas y conducta emocional

Las **alteraciones del olfato** comprenden un amplio espectro de alteraciones en la capacidad perceptiva olfativa que abarcan tanto la **dificultad para detectar la intensidad del estímulo: hiposmia** (disminución en la detección de olores) y anosmia (incapacidad total), como las alteraciones cualitativas del olfato, entendidas como la **incapacidad para identificar correctamente los olores, denominadas disosmias.** Dentro de estas, distinguimos la parosmia (distorsión de un olor, cuando el estímulo está presente) y la fantosmia (percepción de un olor sin que exista estímulo real). Es frecuente que estas alteraciones estén acompañadas de alteraciones en el gusto, aunque se reconoce que el principal componente de esta sensación es la propia alteración del olfato que impide poder saborear algún alimento en particular.

La alteración metabólica de los bulbos olfativos es un fenómeno importante a tener en cuenta en futuras intervenciones terapéuticas. La anosmia relacionada con el COVID-19 se ha asociado con la persistencia viral y la alteración del sistema olfativo. Así, el sistema olfatorio podría constituir la puerta de entrada a través de la cual el virus SARS-CoV-2 accede al cerebro, alcanzando el bulbo olfatorio y otras regiones cerebrales contiguas y profundas relacionadas con el procesamiento emocional.

Cerca de un **67 % de pacientes con COVID-19, manifiestan alteraciones para percibir olores lo que genera deficiencias en su calidad de vida,** ya que se ve afectado tanto el aspecto emocional, pudiendo desarrollar depresión, desnutrición, pérdida de peso e intoxicación por comida en mal estado, como el de seguridad ante la exposición de químicos dañinos, lo que repercute en sus actividades diarias.

Esto es de relevancia actual, dado que se calcula que cerca de 7 millones de personas en todo el mundo que tuvieron COVID-19, tienen una disfunción olfativa persistente en forma de hiposmia y parosmia (generalmente a malos olores), por lo que podría tratarse de un problema continuo de salud pública en futuras generaciones.

Gutiérrez-García A.G. (2017). Memoria emocional olfativa. En García-Orduña F., Rovirosa-Hernández M.J., Rodríguez-Landa J.F. y Carrillo P. (Eds.). *Naturaleza, Cerebro y Conducta*. México: Universidad Veracruzana, pp. 209-220. https://www.researchgate.net/publication/356759856_Memoria_emocional_olfativa

Lehrer J. (2010). *Proust y la neurociencia: Una visión única de ocho artistas funda mentales de la modernidad*. Madrid: Ediciones Paidós Ibérica.

Silvas-Baltazar M., López-Oropeza G., Durán P. y Martínez-Canabal A. (2023). Olfactory neurogenesis and its role in fear memory modulation. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 17*, 1278324. https://doi.org/10.3389/fnbeh.2023.1278324

ARTÍCULO

Limacos o babosas del jardín para estudiar la regeneración

Jessica Trujillo-Barrientos y Alfredo Varela-Echavarría

https://www.freepik.com/free-photo/closeup-snail-without-shell-surrounded-by-woods-mosses-sunlight_13499700.htm#fromView=search&page=2&position=12&uuid=5d7b6d95-c162-475d-b213-fe5a623acdc2

Jessica Trujillo-Barrientos. Estudiante de Doctorado en Ciencias Biomédicas, Instituto de Neurobiología, Universidad Nacional Autónoma de México. Querétaro, México.
jess.trujillo2@gmail.com

Alfredo Varela-Echavarría. Investigador titular del Instituto de Neurobiología, Universidad Nacional Autónoma de México. Querétaro, México.
avarela@unam.mx

Resumen
La regeneración en animales es un proceso fascinante por el que se restauran tejidos, órganos o extremidades, seguido de su integración funcional con los tejidos preexistentes. La mayor parte de la investigación en regeneración se ha centrado en pocas especies de invertebrados y en algunos vertebrados. En cambio, en los moluscos y en particular en los gasterópodos (babosas y caracoles), los mecanismos que regulan su notable capacidad regenerativa son prácticamente desconocidos. Por la facilidad para su mantenimiento en el laboratorio, la babosa de jardín *Deroceras laeve* es una especie de gran potencial para su estudio y en este artículo te hablamos de la regeneración en ella.
Palabras clave: *Deroceras laeve*, gasterópodo, molusco.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 30/11/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

Las babosas o limacos son moluscos terrestres

Las **babosas son moluscos terrestres,** también conocidos como limacos. Tienen un **cuerpo alargado, blando y pegajoso** que carece de concha protectora y que se desliza dejando una huella de baba transparente. Los limacos **son gasterópodos** y, al igual que sus parientes con concha, los caracoles de tierra, **tienen dos pares de tentáculos** que pueden retraerse en su cabeza. El **par superior tiene ojos en su extremo y el inferior les permite detectar alimentos y superficies en su entorno.** Estos animales **se encuentran en zonas húmedas** de jardines y parques y **se alimentan** principalmente **de materia vegetal.** Como necesitan la humedad para evitar la sequedad, desaparecen de jardines en periodos secos, refugiándose en zonas profundas y húmedas del suelo y aparecen nuevamente en periodos de lluvia.

En general, l**os moluscos** constituyen uno de **los grupos de animales más grandes en número de especies,** superado solo por los artrópodos como los insectos, arañas y cangrejos. Los moluscos **son organismos de tamaños muy variados,** y van desde los microscópicos hasta el colosal **calamar gigante,** un cefalópodo que **llega a medir el equivalente en longitud a dos autobuses,** uno frente al otro. Además de **gasterópodos y cefalópodos,** otros moluscos son los **bivalvos** como las almejas y las ostras. Estos tres grupos, en conjunto, son los moluscos más abundantes tanto en tierras como en mares del mundo, mostrando una alta diversidad de formas y colores, a la vez que ocupan diversos ambientes.

Los moluscos como herramienta de estudio de la regeneración

Por sus características, diversos moluscos, como el calamar gigante y la liebre o babosa marina, han sido de **gran utilidad para estudios científicos** que han permitido entender **cómo se transmiten impulsos nerviosos y cómo funciona la memoria.** Esto, a su vez, ha ayudado a la comprensión del funcionamiento del cerebro humano. Diversas especies de caracoles terrestres y limacos también se estudian, ya que son vectores de parásitos que causan enfermedades en humanos o ani-

Imagen propia de los autores.

https://pixabay.com/es/photos/hosta-babosas-slug-da%C3%B10-par%C3%A1sito-2683955/

males de granja, o porque son plagas de especies vegetales en cultivos.

Sin embargo, **una de las características más impresionantes que poseen los moluscos, es su capacidad regenerativa**. Se ha podido comprobar que la mayoría de estos animales pueden regenerar estructuras completas de su cuerpo, **incluyendo su sistema nervioso.** El equivalente sería que nosotros pudiéramos reconstruir un brazo, una pierna o hasta nuestros órganos internos, incluido nuestro cerebro.

En particular, es conocido que los gasterópodos pueden regenerar diversas partes de su cuerpo. Las babosas pueden no solo regenerar su sistema nervioso, sino también restablecer conductas específicas después de cierto tiempo de haber sido dañadas. Es cierto que **son animales mucho más sencillos que los mamíferos** y su sistema nervioso central consta de un anillo de ganglios (cúmulos organizados de neuronas y células de soporte), en los que tanto la información exterior como la interior, es procesada y genera una respuesta.

Su conducta también es mucho más simple comparada con la nuestra, pero, el que **sean capaces de llevar a cabo estos procesos regenerativos** en los que neuronas completas y sus conexiones son restablecidas, **es algo casi impensable en muchos otros animales.** Por este motivo, **su estudio es muy relevante,** no solo para aprender sobre sus características únicas de regeneración, sino también **para descubrir claves de este fenómeno y explorar su posible uso para tratar enfermedades que aquejan al cerebro y al sistema nervioso de muchas personas.**

Regeneración: De los primeros estudios hasta hoy

Los **primeros estudios conocidos de la regeneración en animales son del siglo XVIII**, por lo que se puede considerar como la época en la que se establecieron las primeras visiones científicas de la regeneración. En los primeros tratados se abordó la **regeneración en insectos, el cnidario *Hydra* y en algunos gusanos.** Uno de los pioneros en este campo fue Lazzaro Spallanzani quien, en una carta escrita al también naturalista Charles Bonnet en

1766, y en su obra *Prodromo* de 1768, describió la regeneración de la cola de ranas, extremidades de salamandras, lombrices de tierra y caracoles. En estos últimos, Spallanzani hizo amputaciones de estructuras de la cabeza como tentáculos y partes del complejo bucal, además de amputaciones de la cola.

En todos los casos, observó su regeneración hasta una apariencia y talla normal. **Estudios posteriores han consolidado el estudio de la regeneración animal** usando algunas de las mismas especies y otras nuevas. Algunas de las más utilizadas en la actualidad son *Hydra,* la planaria *Schmidtea mediterranea* y la salamandra endémica del Valle de México, *Ambystoma mexicanum*. El estudio de estas especies se ha visto **potenciado con el** dramático **crecimiento de las ciencias genómicas** como consecuencia del **desarrollo de tecnologías de gran poder para secuenciar y analizar genomas,** a la vez que se descifra el funcionamiento de genes en diferentes procesos.

En referencia a los gasterópodos, desde los estudios tempranos de Spallanzani y por estudios más recientes, se sabe de su alta capacidad de regeneración de diversas partes del cuerpo. **Una especie de babosa marina puede, incluso, regenerar todo el cuerpo a partir de su cabeza**. A pesar de ello, los mecanismos celulares y moleculares subyacentes son sorprendentemente poco conocidos.

Construyendo un modelo de regeneración con babosas de jardín

Para poder estudiar la regeneración en gasterópodos se requiere identificar a alguna **especie que se pueda reproducir fácilmente en el laboratorio, que permita su manipulación experimental y de la que se conozca su anatomía y su genoma.** Adicionalmente, es deseable que tal especie esté al alcance de grupos de investigación en muchas partes del mundo para que se extienda su estudio. Si podemos lograr lo anterior, tendríamos un nuevo modelo de estudio de la regeneración.

Una especie que reúne las características citadas es la **babosa o limaco** (*Deroceras laeve*). Esta especie es **originaria del norte de Europa,** la cual, por actividades humanas, **está presente ahora en zonas urbanas de todos los continentes**, excepto en la Antártida. La amplia distribución de esta especie es probablemente debida a su gran capacidad de adaptación a diversos ambientes, lo que también permite establecerla con gran facilidad en condiciones de laboratorio.

Estas características, desgraciadamente, **la hacen también una plaga para diversos cultivos de importancia económica en diversas regiones del planeta.** Sin embargo, por el conocimiento de otras especies de gasterópodos terrestres, se espera que esta especie regenere al menos sus tentáculos, su cola, su sistema nervioso, su intestino y su corazón. La ausencia de una concha externa permite además manipulaciones y experimentos que no son posibles con caracoles.

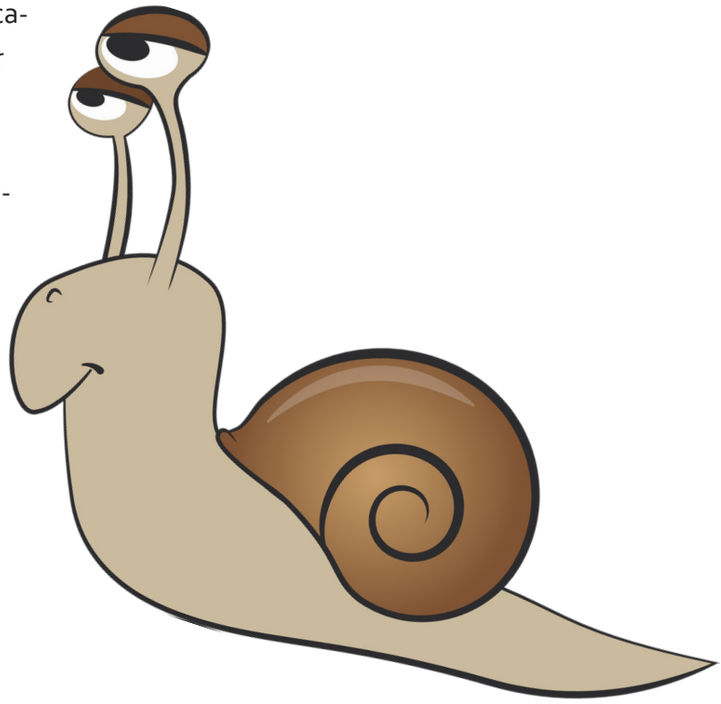
De esta especie de babosa, **se conoce su anatomía general**

y su histología, lo que puede servir de **base para analizar los cambios morfológicos que ocurren durante la regeneración de diversos órganos y tejidos.** En paralelo, la secuenciación de su genoma y la identificación de los genes de esta especie, permitirán el **análisis de los mecanismos que determinan la dinámica de su regeneración.** Por otra parte, el desarrollo o adaptación de métodos de identificación de tipos celulares específicos, complementará el repertorio analítico necesario para su estudio.

Finalmente, lo que permitiría consolidar a esta especie como modelo sería el **desarrollo de herramientas para la modificación de su genoma.** Al respecto, existen métodos de modificación genómica para muchas especies animales **con la tecnología CRISPR-Cas9** (técnica de edición genética), lo que hace que el desarrollo de estos en este tipo de babosa, sean factibles en el futuro cercano. Esto permitiría, entre otras cosas, generar líneas genéticamente modificadas, **inactivando genes o marcando genéticamente linajes celulares** específicos con proteínas fluorescentes **que estén implicadas en los procesos de regeneración.**

Con el establecimiento de la babosa o limaco (*D. laeve*) como especie modelo, será posible estudiar los procesos celulares y las redes de genes que regulan la regeneración en gasterópodos y **entender si sus mecanismos son similares o diferentes de los de otras especies que también tienen la capacidad de regenerar todas o algunas de sus partes,** como las planarias, el ajolote o los reptiles que pueden regenerar su cola.

Las consideraciones descritas y la proyección hacia el futuro del potencial de *D. laeve,* revelan a los moluscos del jardín como un claro ejemplo de que los organismos simples pueden llegar a ser de extraordinaria trascendencia.



sabermás

Borredà V. y Martínez-Ortí A. (2021). Listado comentado de las babosas terrestres de la Comunidad Valenciana (España). Zoolentia, 1, 17-38. https://doi.org/10.5281/zenodo.5774956

SlugAtlas. Un atlas histológico y anatómico de las babosas terrestres Deroceras laeve y Ambigolimax valentianus. https://slugatlas.lavis.unam.mx

Tsonis P.A. y Fox T.P. (2009). Regeneration according to Spallanzani. Developmental Dynamics, 238(9), 2357-2363. https://doi.org/10.1002/dvdy.22057

ARTÍCULO

La microglía: ¿Un soldado desleal?

Jonathan Josué Zamudio-Flores

https://www.freepik.com/free-vector/glowing-brain_1528620.htm#fromView=search&page=1&position=2&uuid=1e3b-4be9-1a92-4f6e-9de6-d8bd1751e8c8

Resumen

Cuando se habla de las células que conforman al sistema nervioso central, todos pensamos en las neuronas, asombrosas unidades de señalización que reciben, integran y transmiten información de manera química o eléctrica. Sin embargo, las neuronas no podrían sostener por sí solas toda la fascinante maquinaria que es el cerebro. Necesitan apoyo para nutrirse, migrar e integrarse a su circuito cuando aún son células jóvenes. Además, requieren ser protegidas del daño físico o infeccioso, y para esto, están las células microgliales. Esta población celular, ayuda a las neuronas a sobrevivir, a generar sinapsis y las mantiene libres de agentes potencialmente tóxicos para ellas. No obstante, cuando las condiciones no son las adecuadas, son capaces de eliminarlas, favoreciendo la aparición de enfermedades y disfunciones motoras y cognitivas a lo largo de la vida de los individuos.

Palabras clave: Macrófagos cerebrales, neurodegeneración, neuroinflamación, neuroplasticidad.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 29/11/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

Jonathan Josué Zamudio-Flores. Estudiante del Programa de Maestría en Ciencias en Ecología Integrativa del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA-UMSNH). Centro de Investigación Biomédica de Michoacán (CIBIMI-IMSS). Morelia, México.

jonnyzam9878@gmail.com

¿Qué es y qué hace la neuroglia?

Cerca del **90 % del tejido neuronal está compuesto por células gliales, las cuales mantienen en unidad al cerebro,** de ahí su nombre, proveniente del griego «glía» (γλία) que significa 'unión' o 'pegamento'. La glía o neuroglia se divide en dos grupos, dependiendo de su origen: la **glía de linaje ectodérmico,** que comprende los astrocitos y los oligodendrocitos; la glía derivada de la médula ósea denominada **microglía.** Los **oligodendrocitos** son las células que **envuelven los axones de las neuronas** para formar las vainas de mielina, esas capas protectoras que facilitan la conducción de las señales eléctricas a través de la neurona. Los **astrocitos,** por su parte, son la población de neuroglia más abundante, tienen forma de estrella (de ahí su nombre) y se dividen en dos clases según su forma y localización. Los astrocitos funcionan como un **sistema de «rieles» para las neuronas** que les **ayudan a encontrar otras** con las cuales formar sinapsis y mantener su estructura. Además, están en asociación con una red de vasos sanguíneos que, en conjunto, forman la llamada **«barrera hematoencefálica»**. La función de esta barrera es **impedir la entrada al cerebro de sustancias tóxicas y de células inmunitarias.**

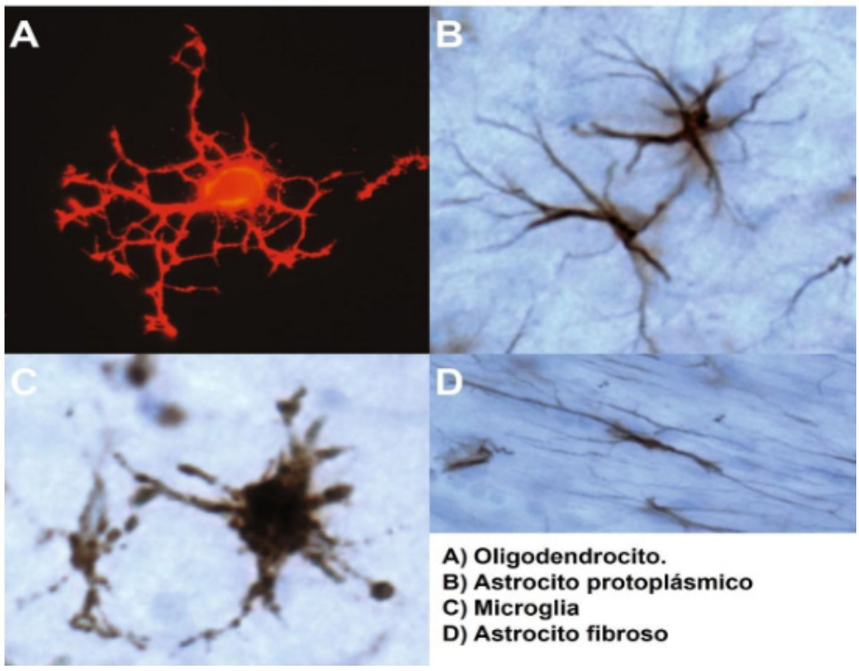
El **cerebro** es un **órgano muy sensible a las variaciones de su microambiente,** por lo que esta barrera le da un carácter de «inmunoprivilegio». Pero, ¿qué pasa cuando hay un daño en el cerebro y la barrera hematoencefálica no permite que las células del sistema inmunológico ingresen y lo reparen? Aquí entra en acción la última población de neuroglia: la microglía.

Los distintos fenotipos microgliales

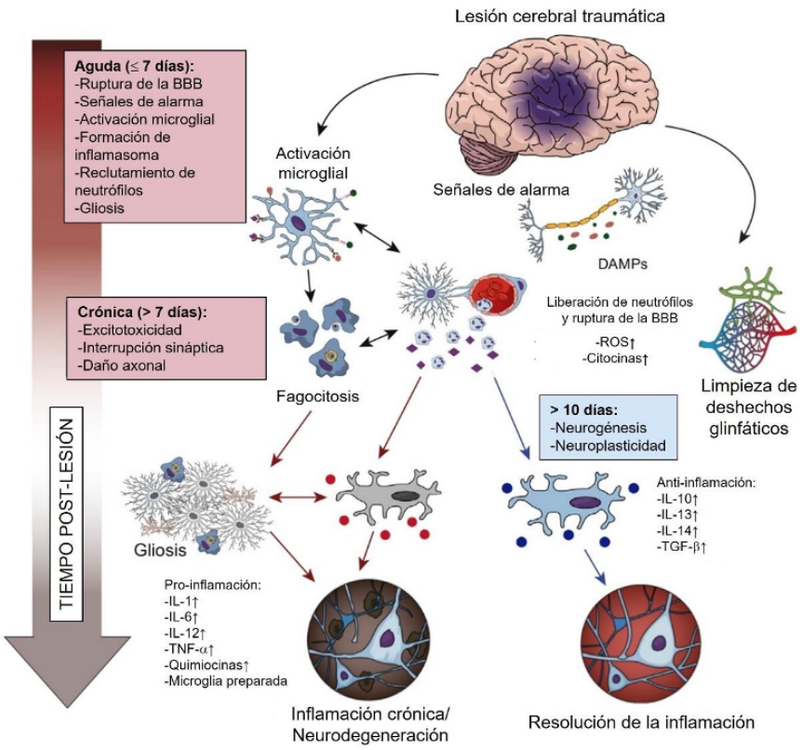
La **microglía tiene el mismo linaje** que el tipo de células limpiadoras pertenecientes al sistema inmunitario periférico llamado **«macrófagos».** Es por esto que la microglía se comunica mediante mensajeros químicos similares. Entre estos mensajeros se encuentran las **citocinas,** las **quimiocinas** y otras sustancias que **promueven la inflamación y la muerte o la supervivencia celular.** Con este armamento, las células microgliales se consideran como el **sistema inmunológico del cerebro.** El ejército local que se encuentra continuamente escaneando su entorno y recibiendo información de las neuronas y los guardias de la barrera hematoencefálica son los astrocitos. Dependiendo del tipo de cambios que la microglía detecte en su ambiente, adoptará distintos fenotipos, es decir, tendrá una morfología y función diferentes.

Entre los **fenotipos de la microglía,** existe aquel que funciona como **apoyo en la generación de nuevas neuronas.** Estudios sugieren que esto está mediado por la producción de citocinas como las interleucinas 6 y 1 beta o el interferón gama. Otro fenotipo microglial produce factores neurotróficos, es decir, proteínas que **promueven la supervivencia de las neuronas** y evitan el daño celular, como el factor de crecimiento nervioso, el factor neurotrófico derivado del cerebro y el factor neurotrófico tipo-insulina 1. Existe otro proceso neuroplástico importante en el desarrollo temprano del cerebro llamado **«poda sináptica»,** el cual consiste en la **eliminación de sinapsis no-funcionales e innecesarias,** con el fin de volver más eficiente la conectividad entre las neuronas; se sabe que **existen fenotipos microgliales que se encargan de esto.**

Las acciones inmunológicas de la microglía son las más variables y dependen del tipo de daño que detecten y del tiempo a partir del cual se generó. A corto plazo, existe una **respuesta inmune innata,** en



Células gliales. Tomada y modificada de Kreutzer et al., 2011.



Neuroinflamación después de una lesión cerebral. Tomada y modificada de Risbrough et al., 2021.

donde reconoce señales que indican un daño en el tejido (llamadas DAMPs), o la presencia de bacterias, virus u otro agente patógeno (PAMPs). La respuesta que tiene la microglía ante estos mensajeros es la **producción de citocinas proinflamatorias que promueve tanto la reparación del tejido sano como la eliminación de los patógenos de las neuronas dañadas o infectadas** (fagocitosis). La respuesta adaptativa, por su parte, se da cuando las células ya están preparadas para detectar esas señales en un segundo encuentro, por lo que actúan de forma más eficiente.

La doble cara de la microglía

Si la microglía **tiene la capacidad de eliminar neuronas**, ¿es esto siempre en pro del estado de equilibrio del cuerpo?, ¿tener una respuesta tan rápida y eficiente siempre es benéfico? Cuando existe una lesión cerebral, **la microglía es la primera línea de defensa.** En este tipo de daño, es común que existan rupturas de la barrera hematoencefálica, entonces, la microglía monta la respuesta inflamatoria con el fin de reclutar células limpiadoras de afuera hacia la zona del daño.

En un **caso ideal,** cuando los macrófagos terminan de eliminar las neuronas dañadas, la microglía **restaura las conexiones y apaga la respuesta mediante la producción de citocinas antiinflamatorias,** volviendo al sistema a un estado de equilibrio (respuesta aguda). Sin embargo, existe **otra realidad:** al estar en comunicación con los macrófagos reclutados, con los astrocitos activados y con las neuronas dañadas, **más células microgliales adoptarán el fenotipo proinflamatorio** en un afán de limpiar el área afectada. Si este conflicto no se resuelve, **se convertirá en una inflamación crónica que llevará a un deterioro cerebral.** Es decir, una muerte neuronal en efecto dominó.

Existen otros fenómenos que contribuyen a la inflamación crónica e impiden su resolución. Recordemos que l**as neuronas se pueden estimular y comunicar mediante mensajeros químicos.** Cuando una neurona muere, libera estos mensajeros al espacio externo, los cuales son detectados por las neuronas cercanas. En el caso de una lesión cerebral, la cantidad de mensajeros químicos liberados será tal que **las neuronas que rodean la zona del daño recibirán una sobreestimulación hasta la muerte**. A este fenómeno se le conoce como **«excitotoxicidad»** y es un evento que también intensifica la respuesta proinflamatoria de la microglía.

Algo similar ocurre en la **enfermedad de Alzheimer**. Aquí, el principal tipo de daño se le atribuye a la **acumulación de una proteína mal plegada o anormal llamada amiloide β1-40/42,** la cual, agregada en forma de placa, **es tóxica para las neuronas.** Cuando la microglía detecta la acumulación de placa amiloide, se aglomera sobre ella para tratar de removerla. En esta reacción, no suele haber una fagocitosis exitosa, pero sí una **liberación excesiva de sustancias tóxicas para las células** que, más que eliminar al enemigo, **mata a las neuronas sanas que lo rodean.** Estas acciones de doble filo se deben a que la microglía no suele tener una sola función, pro o antiinflamatoria, sino que puede adoptar características de ambos. En conjunto, la respuesta tirará hacia un lado u otro de la balanza.

¿Se puede evitar el lado oscuro de la microglía?

Existen muchos **estudios que buscan promover la activación de fenotipos de reparación y evitar los de destrucción.** Uno de ellos es el uso de microRNAs para modular la expresión de citocinas y quimiocinas. También, se ha sugerido el uso de células madre, así como intervenciones conductuales, como el ejercicio físico y cognitivo. Otro potencial blanco terapéutico es la comunidad de bacterias que habitan en el intestino de forma natural, llamada microbiota.

Se sabe que **la microbiota** está en constante **comunicación con el cerebro** por medio del sistema inmunológico periférico y que, incluso, **puede regular muchas de sus funciones.** Entonces, una intervención en la composición de la microbiota intestinal podría regular la respuesta inflamatoria periférica y, a su vez, esta **modularía la actividad microglial.** En todos los casos, existen limitaciones y se requieren muchos estudios para proponer terapias efectivas ante las enfermedades neurodegenerativas.

Potencial en estrategias terapéuticas

La acción de la microglía y, en general, del sistema neuroinmunológico, no es blanco o negro. Existen matices debido a que la naturaleza siempre opta por la eficiencia del sistema. Aún se desconocen los procesos fisiológicos que conectan al sistema nervioso, el sistema inmunológico periférico, el sistema digestivo y el sistema endocrino. El estudio de estas interconexiones podría traer a la luz una gran cantidad de mecanismos compensatorios que podríamos utilizar como potenciales estrategias terapéuticas a favor del funcionamiento del sistema nervioso central.

sabermás

Harry G.J. y McPherson C.A. (2010). Microglia: Neuroprotective and Neurodestructive Properties. In: Harry, G. J., Tilson, H. A. *Neurotoxicology* (3rd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.3109/9781420054880

Martínez-Tapia R.J., Estrada-Rojo F., Hernández-Chávez A.A., Barajas-Martínez A., Islas-Escoto S., Navarro L. y Chavarría A. (2018). Neuroinflamación: el ying-yang de la neuroinmunología. *Revista de la Facultad de Medicina, 61*(5), 44-53. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422018000500044&lng=es&tlng=es

Saavedra-Torres J.S., Guayambuco-Medina M.A., Salazar M.R., Álvarez-Camargo J.C., Medina-Ortega M.A., Salguero C. y Clavijo C.A. (2024). La compleja y heterogénea evidencia que describe la biología celular en la neuroinflamación. *Interdisciplinary Journal of Epidemiology and Public Health, 7*(2), e-10605. https://doi.org/10.18041/2665-427X/ijeph.2.10605.

ARTÍCULO

Inmunidad y cognición. Cómo nuestras defensas potencian el aprendizaje y la memoria

Esperanza Meléndez-Herrera

Imagen de Andrew Tarsukoff en Pixabay

Resumen
El cerebro y el sistema inmunitario, dos entidades tradicionalmente consideradas como separadas, están mucho más interconectadas de lo que solíamos pensar. Durante más de un siglo se consideró que la presencia de células inmunitarias en el cerebro era un signo de enfermedad. Sin embargo, durante las últimas décadas, las investigaciones han revelado que las células microgliales y las neuronas se comunican con los linfocitos T para promover el desarrollo óptimo del cerebro. Las células inmunitarias y sus mediadores no solo protegen al cerebro de las infecciones y lesiones, sino que también participan activamente en la formación y fortalecimiento de contactos sinápticos, fundamental para la adquisición de nuevos conocimientos y la retención de la información. Aquí, exploramos la relación simbiótica entre inmunidad y cerebro, y cómo en un entorno saludable, las defensas inmunitarias pueden potenciar nuestras capacidades cognitivas y la salud emocional.
Palabras clave: Citocinas, linfocitos T, microglía, neuronas

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 29/11/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

Esperanza Meléndez-Herrera. Profesora e investigadora del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
emelendez@umich.mx

El cerebro y el proceso de información

El **cerebro** es reconocido por la mayoría de nosotros como el centro de mando del cuerpo, responsable de **recibir información del ambiente externo para predecir y coordinar nuestra conducta.** Sin embargo, **no solo se limita a eso**, ya que **también** se encarga de **captar señales de nuestro medio interno** para asegurar el funcionamiento adecuado del organismo. En realidad, el cerebro recibe y procesa información de ambos entornos, jerarquizándola, organizándola e integrándola. El cerebro **prioriza la información** por su valor potencial, **enfocándose primero en aquella que podría representar un peligro**, y la utiliza para protegernos. Obviamente, el cerebro utiliza la información para mucho más que eso: **aprende, memoriza, crea, imagina** y tiene conciencia de sí mismo.

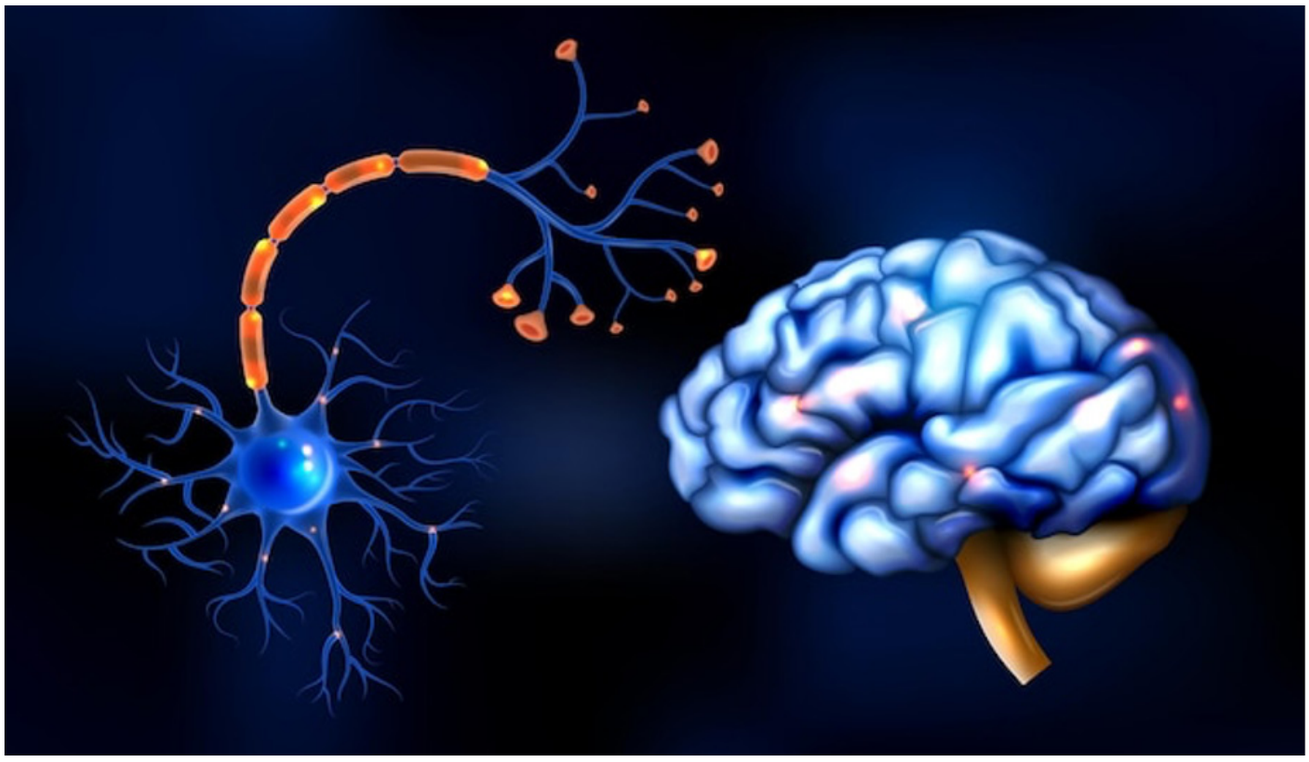
Hasta hace unas décadas, se creía que el cerebro dependía solo de las neuronas y de las células gliales para conocer el mundo interno y externo, así como para desarrollar procesos cognitivos superiores como el aprendizaje y la memoria. Afortunadamente, desde hace unos años, esta visión «cerebrocentrista» está cambiando y cada vez se revela más la profunda **interconexión entre el cerebro y el resto del cuerpo**. Esta nueva perspectiva está transformando nuestro entendimiento de cómo otros órganos y sistemas contribuyen al funcionamiento y bienestar cerebral.

La investigación más reciente destaca que el **cerebro depende de señales y sustancias químicas provenientes de otros órganos, como el intestino, el hígado y el sistema inmunitario.** Por ejemplo, se ha descubierto que el **microbioma intestinal influye significativamente en el estado de ánimo, en la memoria y en el comportamiento,** lo que ha llevado al concepto de un «eje intestino-cerebro». En este sentido, desde hace algunos años, se ha descubierto que células y moléculas, originalmente consideradas como dañinas para el cerebro, en realidad pueden desempeñar funciones indispensables para procesos cognitivos superiores. Este es el caso de moléculas como las citocinas proinflamatorias, las moléculas asociadas al daño y sus receptores, e incluso las células de la respuesta inmunitaria.

Inmunidad y cognición: Una relación estrecha

La visión imperante durante todo el siglo pasado fue que el sistema nervioso central y el sistema inmunitario limitaban su comunicación a situaciones patológicas después de una lesión o enfermedad degenerativa. Esta idea se mantuvo bajo el supuesto de que el cerebro tiene sus propias células capaces de «vigilar» el microambiente neuronal en condiciones normales, las cuales impiden el paso

https://pixlr.com/es/image-generator/



https://www.freepik.com/free-vector/realistic-brain-set_26760071.htm#fromView=search&page=1&position=4&uuid=b53f2b-ff-1572-47e9-9fe3-00e264fc08ab

de células y moléculas inmunitarias al interior del cerebro. Las **células residentes del cerebro,** que llevan a cabo funciones inmunitarias, **son la microglía y los astrocitos.**

Estas **células** son capaces de **patrullar el cerebro en búsqueda de amenazas,** limitar el paso de moléculas y células de la circulación, e incluso de hacer presentación de amenazas a las células de la respuesta inmunitaria adaptativa; sin embargo, estas células hacen mucho más que eso. Durante el desarrollo embrionario y posnatal temprano, actúan como las encargadas de eliminar las sinapsis más débiles o innecesarias, un proceso conocido como **«poda sináptica»**. Una poda sináptica ineficiente puede contribuir a trastornos del desarrollo como esquizofrenia o autismo. Además, la microglía facilita el establecimiento de nuevos contactos sinápticos, lo que se conoce como **plasticidad sináptica.**

Lo más emocionante de esto, es que la microglía necesita recibir «instrucción inmunitaria» temprana de los linfocitos T de la inmunidad adaptativa para ejecutar eficientemente sus funciones. Esto implica que es necesario que los linfocitos producidos periféricamente migren hasta el cerebro o sus inmediaciones para comunicarse con la microglía y «enseñarle» a madurar como una célula inmunitaria cerebral. En ausencia de linfocitos T, la microglía se mantiene inmadura, incapaz de retirar eficientemente las sinapsis defectuosas o innecesarias. Esta interrupción en la comunicación provoca alteraciones cognitivas y conductuales en los organismos, manifestándose en **dificultades de aprendizaje y en un aumento en la conducta de tipo ansiosa y depresiva.**

Los linfocitos T migran hacia el cerebro desde etapas embrionarias tempranas, llegan a su nivel más alto alrededor del nacimiento, decaen posnatalmente y de nuevo incrementan con la edad. Aún existe controversia acerca de la localización intracerebral de los linfocitos y su nivel de «activación» periférica. No obstante, independientemente de su ubicación al interior del cerebro o en las membranas que lo protegen (meninges), ahora es claro que se comunican con la microglía. Y, más impresionante aún, **¡los linfocitos T se comunican directamente con las neuronas!**

Entre las **moléculas que participan en esta comunicación** se encuentran mediadores típicamente inmunitarios llamados **citocinas** (p. ej. interleucina 6, 17 y factor de necrosis tumoral alfa), las cuales, además de organizar la respuesta a la infección, también **son indispensables para regular la conducta y la cognición.** Entre los diferentes papeles que pueden desempeñar, se encuentra la promoción de elementos nutritivos para las neuro-

nas, denominados factores neurotróficos. Así, los típicos y muy temidos mediadores inmunitarios al interior del cerebro, también **participan en el aprendizaje, en la memoria, e incluso incrementan la producción de nuevas neuronas**, un proceso conocido como neurogénesis.

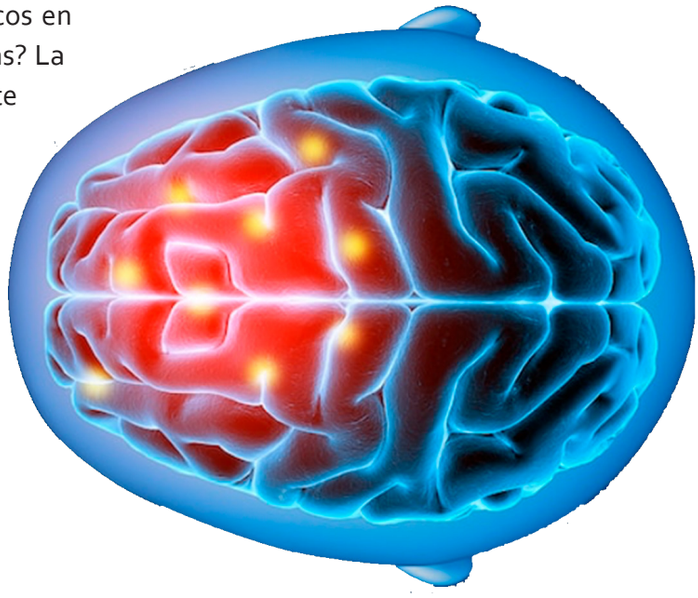
¿La inflamación es buena durante el desarrollo temprano del cerebro?

Hasta hace algunos años, imaginar linfocitos T o citocinas dentro del cerebro podría haber generado alarma, asociándolos con un ataque inminente a la autonomía cerebral y con el desarrollo de enfermedades autoinmunes o patologías. De hecho, existe evidencia bien documentada que muestra cómo el reclutamiento masivo de células inmunitarias periféricas y sus mediadores proinflamatorios puede agravar una lesión, aumentando su tamaño y empeorando los síntomas cognitivos y conductuales.

Además, su papel en la etiología de enfermedades autoinmunes y degenerativas está bien establecido. Entonces, ¿qué hace que estas mismas células y mediadores tengan efectos benéficos en algunas circunstancias y perjudiciales en otras? La respuesta podría estar en el microambiente que sesga la balanza. Durante el desarrollo embrionario o en ausencia de daño, es decir, **en condiciones fisiológicas, la microglía, los linfocitos T y sus mediadores, promueven procesos «óptimos».**

Sin embargo, cuando el ambiente se encuentra bajo condiciones patológicas, como un **desequilibrio iónico y la entrada masiva de células en medio del caos, estas mismas células y las moléculas** pueden desencadenar procesos «subóptimos», **enfocados más en la preservación que en la promoción de funciones saludables.** En apoyo a esta idea, cuando el microambiente embrionario se modifica por infecciones maternas, la comunicación entre la microglía y las células inmunitarias se altera, lo que predispone el desarrollo de condiciones patológicas como la esquizofrenia o el autismo.

Sin duda, en el futuro conoceremos mucho más acerca de la interacción entre el cerebro y el sistema inmunitario, tanto en condiciones normales como en situaciones de enfermedad. Este conocimiento será clave para **desarrollar tratamientos que ayuden a reparar el cerebro tras un daño o enfermedad,** que mejoren el aprendizaje y la memoria, y que regulen las emociones.



sabermás

Guaza C. (2023). La revolución de las células gliales: la microglía ¿Qué hace esta célula inmunitaria singular en el cerebro? *Anales de la Real Academia de Doctores de España, 8*(2), 309-316. https://www.rade.es/imageslib/PUBLICACIONES/ARTICULOS/V8N2%20-%2007%20-%20AC%20-%20GUAZA_c%C3%A9lulas%20gliales.pdf

Martínez-Alcantar L., Talavera-Carrillo D.K., Pineda-Salazar J.U., Ávalos-Viveros M., Gutiérrez-Ospina G., Phillips-Farfán B.V., Fuentes-Farías A.L. y Meléndez-Herrera E. (2019). Anterior chamber associated immune deviation to cytosolic neural antigens avoids self-reactivity after optic nerve injury and polarizes the retinal environment to an anti-inflammatory profile. *Journal of neuroimmunology,* 333, 476964. https://doi.org/10.1016/j.jneuroim.2019.05.005

Phillips-Farfán B.V. y Meléndez-Herrera E. (2022). Pelear o evitar ¿Qué es mejor para el cerebro? *Saber Más, 64,* 52-55. https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/571-numero-64/1138-pelear-o-evitar-que-es-mejor-para-el-cerebro.html

ARTÍCULO DE PORTADA

El cerebro femenino durante la elección de pareja

Sagrario Cordero-Molina y Jorge Contreras-Garduño

ttps://www.freepik.com/free-photo/top-view-composition-with-different-expressions_12558447.htm#fromView=search&page=1&position=21&uuid=b305e6af-9ed2-47fe-bacf-ece3966486adh

Resumen
La elección de pareja ha sido tradicionalmente estudiada desde una perspectiva masculina, centrándose en entender los rasgos llamativos de los machos. No obstante, aquí mostramos que el papel de las hembras en este proceso es igualmente fundamental. Con la observación conductual y la proteómica, se ha revelado que las hembras del escarabajo *Tenebrio molitor* tienen la capacidad de memorizar qué tan atractivas son sus parejas. En encuentros posteriores, las hembras prefieren copular con sus primeras parejas únicamente si estos se mantienen atractivos, pero si no hay consistencia, los rechazan y eligen a otro macho atractivo. Por lo tanto, el estudio del cerebro femenino no solo amplía nuestro conocimiento sobre la elección de pareja, sino que también desafía las ideas preconcebidas sobre el papel pasivo de las hembras ante los machos atractivos. Indagar a detalle el cerebro femenino, permitirá entender la evolución de la elección de pareja y sus procesos cognitivos.
Palabras clave: Conducta animal, elección de pareja, etología, selección sexual.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 28/11/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

El papel de las hembras en la búsqueda y elección de pareja

Cuando nos sumergimos en la **observación de la conducta animal,** notamos que además de las acciones relativamente comunes como correr, comer o nadar, **existe un abanico extenso de comportamientos** peculiares y extravagantes que despiertan nuestra curiosidad, **por ejemplo, la búsqueda y elección de pareja.**

Seguramente has observado **en aves,** que **los machos tienen plumajes coloridos y ejecutan danzas elaboradas,** como si bailaran en coreografía para las hembras. Incluso, animales pequeños, como **los machos de las moscas,** utilizan sus **alas para cantarles a sus parejas** potenciales. Es entonces cuando entusiastas profesionales del estudio de la conducta nos preguntamos: **¿Por qué los machos se comportan de esta manera tan extrava-**

gante? Históricamente, se ha asumido que, en este tipo de comportamientos, los machos llaman la atención de la hembra para así tener descendencia. Sin embargo, este punto de vista está sesgado en entender la elección de pareja a partir de los rasgos llamativos y rituales de cortejo del macho, excluyendo una parte crucial: el papel de las hembras.

Explorar el **comportamiento femenino** es importante para **comprender qué tipo de machos prefieren y las consecuencias de sus preferencias en la progenie.** No obstante, quienes estudiamos conducta, nos sumergimos constantemente en más y más preguntas, por ejemplo, ¿cuál es la función de la conducta?, **¿en qué lugar en el cerebro femenino se realizan las decisiones reproductivas?**

Lo que vemos no es lo único que existe

Los sentidos de los científicos que analizamos la conducta (etólogos, psicólogos o ecólogos de la conducta) están limitados a lo que un humano puede percibir del comportamiento animal; sin embargo, perdemos de vista varios aspectos importantes del proceso de elección de pareja. Al **centrar nuestra atención únicamente en los comportamientos vistosos y ruidosos** que comúnmente generan **los machos durante el cortejo**, no solamente ignoramos la comunicación química, ultrasónica o la visión ultravioleta, sino que también **ignoramos que ninguno de los comportamientos masculinos tendría sentido sin la conducta femenina.** Ellas deciden si una danza, un color o un canto son suficientes para aceptar a un macho como el futuro padre de sus crías. Esta decisión es producto de la evolución biológica y, por lo tanto, debemos echar un vistazo al principal órgano que orquesta el comportamiento: el cerebro.

El estudio del cerebro de las hembras nos puede enseñar: ¿Cómo perciben las señales de cortejo?, ¿qué procesos internos rigen la elección de un compañero u otro?, ¿qué mecanismos se han conservado o desaparecido a lo largo de la evolu-

https://pixabay.com/es/photos/amor-mujer-hombre-rom%C3%A1ntico-go-4536550/

https://pixabay.com/es/photos/coraz%C3%B3n-galleta-d%C3%ADa-de-san-valent%C3%ADn-3934786/

ción? El análisis del cerebro permite ampliar el conocimiento que nos daría una observación superficial de la conducta animal.

¿Cómo las hembras eligen pareja?

¿Qué causa un comportamiento?, o ¿Cómo un animal realiza una acción? Los científicos intentan contestar este tipo de preguntas desde diversos niveles de estudio. Lo básico es observar la conducta, pero **si nos adentramos al cerebro, encontraremos zonas especializadas que coordinan comportamientos específicos**. Un ejemplo de algo cotidiano en nuestra especie es el reconocimiento de rostros. Imagina un rostro. Esto ocurrió en el *área fusiforme* de rostros (en inglés: *fusiform face area*), ubicada en el lóbulo temporal de tu cerebro. Esta zona se activa, principalmente, cuando vemos rostros y analizamos las diferencias entre ellos. **En nuestra especie, el rostro de nuestra pareja activa más al sistema límbico (área del cerebro encargada de las emociones)** que el rostro de un desconocido.

Las zonas especializadas del cerebro cuentan con **células llamadas neuronas,** y algunas son **altamente especializadas.** Por ejemplo, los grillos tienen neuronas conectadas a receptores auditivos en las patas que les permiten, literalmente, escuchar el canto de otros grillos con las patas. Incluso, cuando hay varios machos cantando, las hembras activan y desactivan neuronas para prestar atención a cada macho por separado antes de elegir con cuál aparearse. Se podría decir que se tapan el oído derecho para escuchar al macho que está a su izquierda, y luego se tapan el izquierdo para escuchar al macho de la derecha.

El análisis del cerebro y la conducta no se limita al nivel celular, también podemos investigar las **moléculas presentes dentro de las neuronas y su función en el comportamiento.** Un ejemplo revelador es el estudio del apego a la pareja (lo que, en palabras no científicas, llamamos amor) en los roedores conocidos como topillos de la pradera.

Estos roedores pasan toda su vida con una sola pareja, es decir, sin (o con muy pocas) infidelidades. **Las hormonas oxitocina y vasopresina, junto con el neurotransmisor dopamina, son responsables del apego a la pareja.** La precisa regulación de esas moléculas en el cerebro permite la monogamia estricta de esta especie, pero si se interrumpe la acción de dichas moléculas, puede desaparecer el apego a la pareja. Además, **las especies polígamas, tienen menos receptores en sus cerebros para oxitocina y vasopresina que las especies monógamas.**

Como podemos ver, la pregunta ¿Cómo los animales eligen pareja?, conduce a un interesante viaje a través de diferentes niveles de estudio, desde la observación del comportamiento a las zonas del cerebro, y luego a sus mecanismos moleculares específicos dentro de cada zona.

Un cerebro pequeño con grandes respuestas

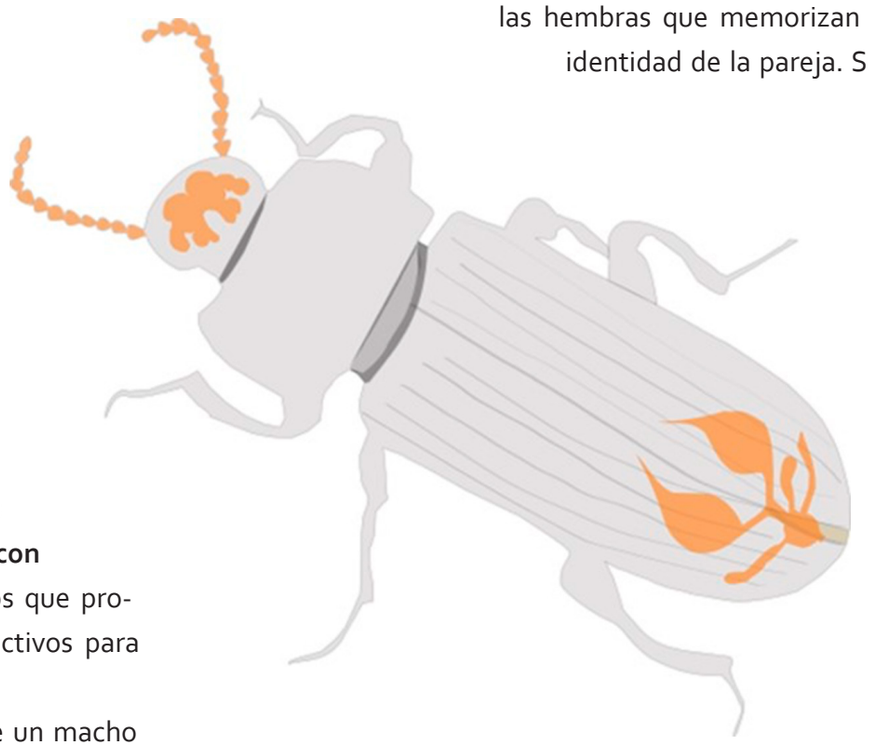
Los investigadores de la conducta de elección de pareja ponen cada vez más atención en el cerebro de las hembras. En el **Laboratorio de Ecología Evolutiva de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES)**, de la Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Morelia, **estudiamos el cerebro femenino en el escarabajo de la harina,** cuyo nombre científico es ***Tenebrio molitor.***

Estudiar el cerebro femenino de estos escarabajos ha sido enriquecedor, no solo porque encontramos los elementos que permiten que una hembra elija, sino también, porque logramos ver procesos de los que no nos percatamos cuando exclusivamente observamos la conducta masculina. En estos insectos, **los machos cortejan a las hembras con feromonas sexuales;** los machos que producen más aroma son más atractivos para las hembras.

Al principio, asumimos que un macho únicamente tenía que producir mucha feromona para que fuera aceptado por las hembras. Sin embargo, cuando analizamos **el cerebro de las hembras,** encontramos **proteínas diferentes y en diferente cantidad, dependiendo de qué tan atractivo les parece un macho.** Algunas de estas proteínas son responsables de la formación de memoria. Esta información nos hizo pensar que **las hembras memorizan la identidad de los machos más atractivos.** Posteriormente, lo comprobamos al dar a las hembras a elegir entre machos conocidos (su pareja) o machos nuevos que eran igual de atractivos. Encontramos que las hembras prefieren a los machos conocidos.

Sin embargo, cuando repetimos el experimento y manipulamos la producción de feromonas de los machos para que la pareja tuviera menos aroma que el macho nuevo, las hembras ya no prefirieron a la pareja. Entonces, hoy **sabemos que las hembras los recuerdan y si el macho disminuye su atractivo, ellas pueden rechazar a la pareja en encuentros subsecuentes.** Sus cerebros les brindan un **control de calidad de los machos.**

Para las hembras no es cualquier cosa elegir un macho, **su cerebro trabaja arduamente a la hora de elegir y memorizar a la pareja.** Esto lo supimos porque encontramos más proteínas de metabolismo celular en el cerebro de las hembras que memorizan la identidad de la pareja. Su-



ponemos que este metabolismo neuronal es muy intenso porque las hembras presentan cantidades elevadas de proteínas, como la catalasa y la vitelogenina, cuya función en el cerebro es proteger a las neuronas de la oxidación generada por el metabolismo. **Tal vez, la elección de pareja oxida su cerebro, pero el beneficio es que tengan crías con los machos de mejor calidad.**

¿Qué revelará el estudio del cerebro en futuras investigaciones?

Estamos convencidos de que el papel de las hembras durante la elección de pareja es muy complejo. Sus respuestas no solo son **reacciones ante los estímulos de los machos,** sino que hay **procesos cerebrales moldeados a lo largo de la evolución del comportamiento** de ambos sexos. Nos emociona descubrir qué más ocurre en el cerebro femenino, ya que pensamos que explorar la perspectiva masculina y femenina dará explicaciones holísticas (generales) a las interrogantes sobre por qué y cómo ocurre la elección de pareja.

Sagrario Cordero-Molina es bióloga experimental y Maestra en Ciencias por la Universidad de Guanajuato. Y ahora, recién graduada del programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas por la UNAM. Desde que era niña ha sentido una profunda fascinación por la conducta animal. Durante el doctorado, ha tenido la oportunidad de investigar la conducta de elección de pareja en insectos y cómo el cerebro de estos animales controla estos comportamientos. Esta experiencia ha sido tanto emocionante como gratificante para ella.
cordermolina.s@comunidad.unam.mx

Jorge Contreras-Garduño tiene nivel III en el Sistema Nacional de Investigadores. Es biólogo por la UAEMx y Doctor en Ciencias por la UNAM. Hizo un año sabático en la Universidad de Münter, Alemania, donde lo distinguieron como Evolution Think Tank Fellow. Es profesor titular C en la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM. Le apasiona estudiar la conducta animal y se considera etólogo. Quería estudiar el cerebro desde el punto de vista de la selección sexual desde que era estudiante de licenciatura, pero apenas ahora, con Sagrario, ha cumplido esta meta.
jcg@enesmorelia.unam.mx

Bosch O.J. y Young L.J. (2018). Oxytocin and social relationships: from attachment to bond disruption. *Behavioral pharmacology of neuropeptides: Oxytocin*, *35*, 97-117. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5815947/pdf/nihms939341.pdf

Contreras-Garduño J., Córdoba-Aguilar A. y Peretti A.V. (2005). La elección femenina. *Ciencias*, (77), 40-47. https://www.revistacienciasunam.com/images/stories/Articles/77/CNS07705.pdf

Contreras-Garduño J., Córdoba-Aguilar A., Peretti A. y Drummond H. (2009). Selección sexual. En J. J. Morrone y P. Magaña (Comp.), *La Evolución Biológica* (pp. 193-236). UNAM. https://www.researchgate.net/publication/281442674_Seleccion_sexual

Cordero-Molina S., Fetter-Pruneda I. y Contreras-Garduño J. (2023). Neural mechanisms involved in female mate choice in invertebrates. *Frontiers in Endocrinology, 14*. https://www.frontiersin.org/journals/endocrinology/articles/10.3389/fendo.2023.1291635/full

Hernández-Villanueva M., Cordero-Molina S., Macías García C. y Contreras-Garduño J. (2023). The females' response to male attractiveness: Mate choice, larvae production and differential brain protein expression. *Ethology*, 1-12. https://www.researchgate.net/publication/371835496_The_females'_response_to_male_attractiveness_Mate_choice_larvae_production_and_differential_brain_protein_expression

ARTÍCULO

El envejecimiento en el síndrome de Down

Octavio García

https://pixlr.com/es/image-generator/

Resumen
El síndrome de Down es un desorden genético causado por la presencia de una copia extra en el cromosoma 21, por lo que también se conoce como trisomía 21. A partir de los 20 años, las personas con síndrome de Down presentan un envejecimiento acelerado, un declive en los procesos cognitivos y, conforme aumenta la edad, un alto riesgo de desarrollar la enfermedad de Alzheimer de inicio temprano. Estas características podrían deberse a que en el cromosoma 21 se encuentran los genes involucrados en el envejecimiento y en el desarrollo de marcadores neuropatológicos de la enfermedad de Alzheimer.
Palabras clave: Enfermedad de Alzheimer, envejecimiento, trisomía 21.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 29/11/2024: PUBLICADO: 14/02/2025

Octavio García. Profesor Titular de la Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
ogarciag@unam.mx

Todas **las personas tenemos un ciclo de vida que inicia con el nacimiento** y pasa por diversas etapas de desarrollo que **incluyen infancia, adolescencia, edad madura, envejecimiento y concluyen con la muerte**. Este ciclo se encuentra asociado a un control genético y a la influencia del medioambiente, los cuales determinan la velocidad con la que se desarrolla cada una de estas etapas. **Este ciclo de vida también se da en una alteración genética llamada síndrome de Down.**

¿Qué es el síndrome de Down?

El **síndrome de Down** es un **desorden del neurodesarrollo que se caracteriza por la presencia de un cromosoma extra**. El ser humano cuenta con **46 cromosomas** agrupados de dos en dos, lo que genera 23 pares de cromosomas. Los cromosomas guardan la información genética que define nuestras características físicas, como altura, color de ojos, tipo de cabello, susceptibilidad a enfermedades, etc. **En el caso del síndrome de Down, hay 47 cromosomas**, encontrándose el **cromosoma extra en el par del cromosoma 21**, por lo que **también se conoce como trisomía 21.**

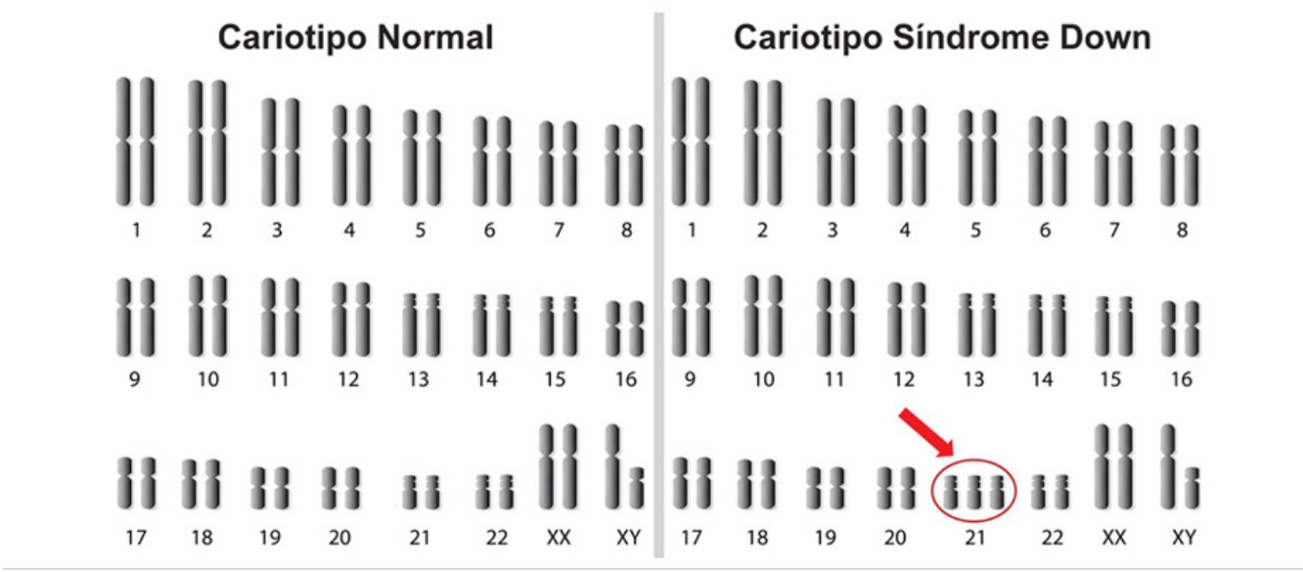
Al incrementar el número de cromosomas también **se altera la información genética y esto da como resultado que las personas tengan alteraciones físicas** como una cabeza pequeña, nariz aplanada, ojos rasgados, lengua chica, orejas y boca pequeña, estatura corta; asimismo, pueden **desarrollar problemas médicos,** como alteraciones respiratorias, problemas inmunológicos, cardíacos, musculares, gastrointestinales, obesidad, problemas de audición y visión, entre otros.

La trisomía 21 **también afecta la formación del cerebro,** produciendo un retardo en su desarrollo y una reducción en el número de células cerebrales o neuronas, lo que afecta la comunicación entre ellas. Esta reducción en la forma de cómo se comunican las neuronas, **podría explicar sus problemas para hablar, de memoria y de atención.** El grado de estas deficiencias puede definir el nivel de discapacidad intelectual, que es la característica principal de estos individuos. Además de la discapacidad intelectual, pueden presentar depresión, ansiedad, epilepsia y muestran un envejecimiento acelerado, así como una **alta predisposición para desarrollar la enfermedad de Alzheimer a partir de los 40 años.**

¿Qué información tiene el cromosoma 21?

A diferencia de los otros cromosomas, **el cromosoma 21 es muy pequeño** y tiene poca información genética. Sin embargo, dentro de los genes que se encuentran en este cromosoma, se localizan algunos involucrados en el **metabolismo celular,** en la **formación de moléculas tóxicas** como radicales libres, en los **procesos inflamatorios** y en **marcadores que detectan la pérdida de neuronas en la enfermedad de Alzheimer.**

Aunque **no se conoce el mecanismo específico por el cual se desarrolla el envejecimiento acelerado y la enfermedad de Alzheimer en el síndro-**



me de Down, algunos investigadores consideran que, al tener un cromosoma extra, existe un 50 % adicional de la información genética que se estaría sobre expresando. Sin embargo, otros investigadores sugieren que el cromosoma extra podría alterar genes que se encuentran en otros cromosomas.

¿Cuánto vive una persona con síndrome de Down?

La alteración cromosómica asociada al síndrome de Down, produce múltiples enfermedades que varían con el tiempo y que **pueden predisponer a esta población a una muerte temprana**. En el pasado, la ausencia de tratamientos médicos efectivos, la falta de conocimientos biológicos y factores socioculturales como el rechazo social, influyeron en la población en general para considerar que una esperanza de vida corta y un estado de salud deteriorado, serían características inherentes al síndrome que no podían ser modificadas.

Sin embargo, **las mejoras en la atención de la salud, en particular la cirugía para defectos cardíacos congénitos,** ha aumentado notablemente la esperanza de vida de las personas con síndrome de Down, al **pasar de 4 años en 1950 a 60 años en 2010,** y se espera que siga incrementando en el futuro cercano. De hecho, **algunos reportes médicos han documentado personas con síndrome de Down que sobrepasan los 80 años.** Lamentablemente, el aumento de la esperanza de vida no va acompañado de una mejora en su salud, ya que las personas con síndrome de Down se enfrentan a un envejecimiento acelerado no saludable.

El envejecimiento en las personas con síndrome de Down

Las personas con síndrome de Down **empiezan a presentar signos de envejecimiento prematuro a partir de los 20 años.** Conforme incrementan su edad, se pueden apreciar **cambios conductuales** como pérdida de memoria, apatía, aislamiento social, problemas para hablar y signos de demencia, mismos que **pueden sugerir el inicio de la enfermedad de Alzheimer,** la cual pueden desarrollar alrededor de los 54 años y sobrevivir con esta condición por 4 o 5 años más, por lo que se considera la **principal causa de muerte en la población con síndrome de Down.**

El envejecimiento acelerado y la alta predis-

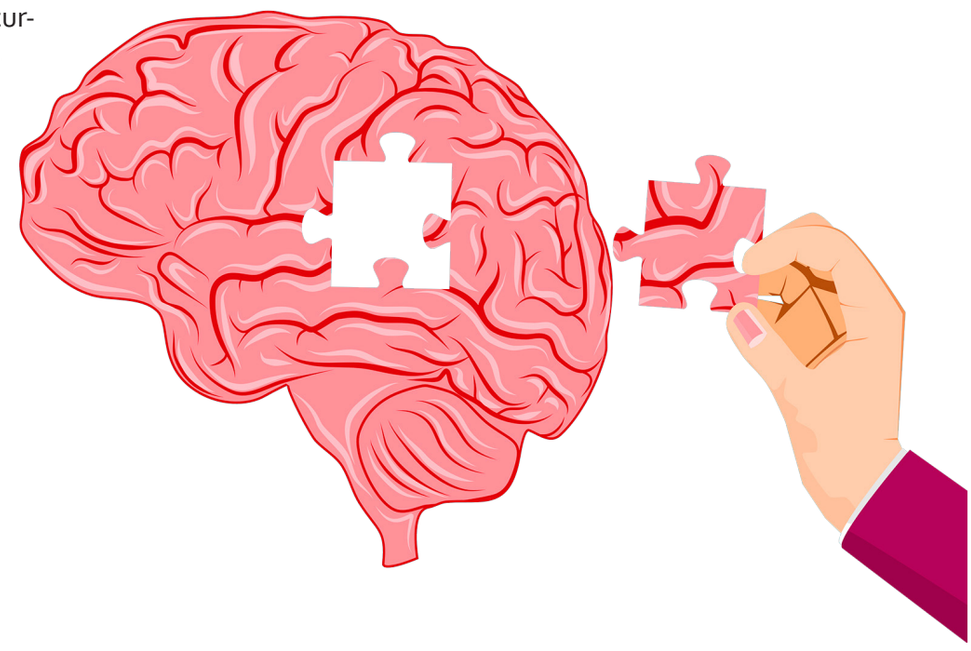
posición para desarrollar la enfermedad de Alzheimer en las personas con síndrome de Down, pueden generar una emergencia familiar, ya que se tienen que adaptar nuevos cuidados en esta población.

¿Cuál sería el mecanismo por el que las personas con síndrome de Down desarrollan envejecimiento acelerado y la enfermedad de Alzheimer?

El envejecimiento prematuro en personas con síndrome de Down podría estar asociado con ciertos **genes que se encuentran triplicados en el cromosoma 21 y que se asocian con el estrés oxidativo**. La sobreexpresión de estos genes podría incrementar las especies reactivas de oxígeno —que son moléculas tóxicas en las células— y **afectar diversos componentes de la célula,** como los mecanismos de defensa contra el estrés oxidativo, el metabolismo e incluso su propio material genético.

Por otro lado, la asociación entre la enfermedad de Alzheimer y el síndrome de Down podría deberse a la sobreexpresión del gen de la proteína precursora de amiloide, que también se encuentra ubicado en el cromosoma 21 y, por lo tanto, se encuentra triplicado en esta población. Los **cambios neuropatológicos asociados con la enfermedad de Alzheimer,** como las placas de β-amiloide y las marañas neurofibrilares, **se observan** universalmente en personas con síndrome de Down **a la edad de 40 años.**

Sin embargo, **la demencia en esta población es poco frecuente antes de los 40 años,** pero su incidencia y prevalencia aumentan exponencialmente a partir de entonces, **alcanzando entre el 88 y el 100 % en mayores de 65 años.** Si bien la triplicación de otros genes en el cromosoma 21 también puede contribuir a la agregación de las placas amiloideas, la triplicación de la proteína precursora de amiloide es necesaria y suficiente para causar demencia. En este sentido, **algunos investigadores sugieren que el síndrome de Down sería una forma genética de demencia, similar a la enfermedad de Alzheimer.**



Farriols-Danés C. (2012). Aspectos específicos del envejecimiento en el síndrome de Down. *Revista Médica Internacional sobre el Síndrome de Down, 16*(1), 3-10. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1138207412700180?via%3Dihub

Fortea J., Zaman S.H., Hartley S., Rafii M.S., Head E. y Carmona-Iragui M. (2021). Alzheimer's disease associated with Down syndrome: a genetic form of dementia. *Lancet Neurol, 20*(11):930-942. https://www.thelancet.com/journals/laneur/article/PIIS1474-4422(21)00245-3/abstract

García O., Arias-Trejo N. y Flores-Arizmendi K. (Eds.). (2019). *Síndrome de Down. De la genética a la neurobiología.* Facultad de Psicología, UNAM, México. ISBN: 978-607-30-1366-6.

ARTÍCULO

Fermentos, microbiota y salud mental: Un vínculo sorprendente

Isaac G-Santoyo

Isaac G-Santoyo. Profesor Titular, Laboratorio de Neuroecología Cognitiva, Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán. Ciudad de México, México.
isantoyo@psicologia.unam.mx

Resumen
La ciencia ha comenzado a destacar el papel crucial de la microbiota intestinal en la salud de nuestros órganos y sistemas, incluido el sistema nervioso. La microbiota es el conjunto de microorganismos que habitan en el intestino y que nos acompañan desde el nacimiento hasta la muerte. La alimentación, especialmente con el consumo de fermentos —alimentos transformados por microorganismos— es clave para adquirir y mantener una microbiota saludable. En años recientes, el consumo de fermentos ha crecido, aumentando la ingesta de microorganismos beneficiosos para la microbiota. En este artículo exploramos si los fermentos pueden impactar la microbiota intestinal y, a su vez, contribuir al bienestar psicológico y a la salud del sistema nervioso.
Palabras clave: Alimentación, eje microbiota-intestino-cerebro, salud mental.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 29/11/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

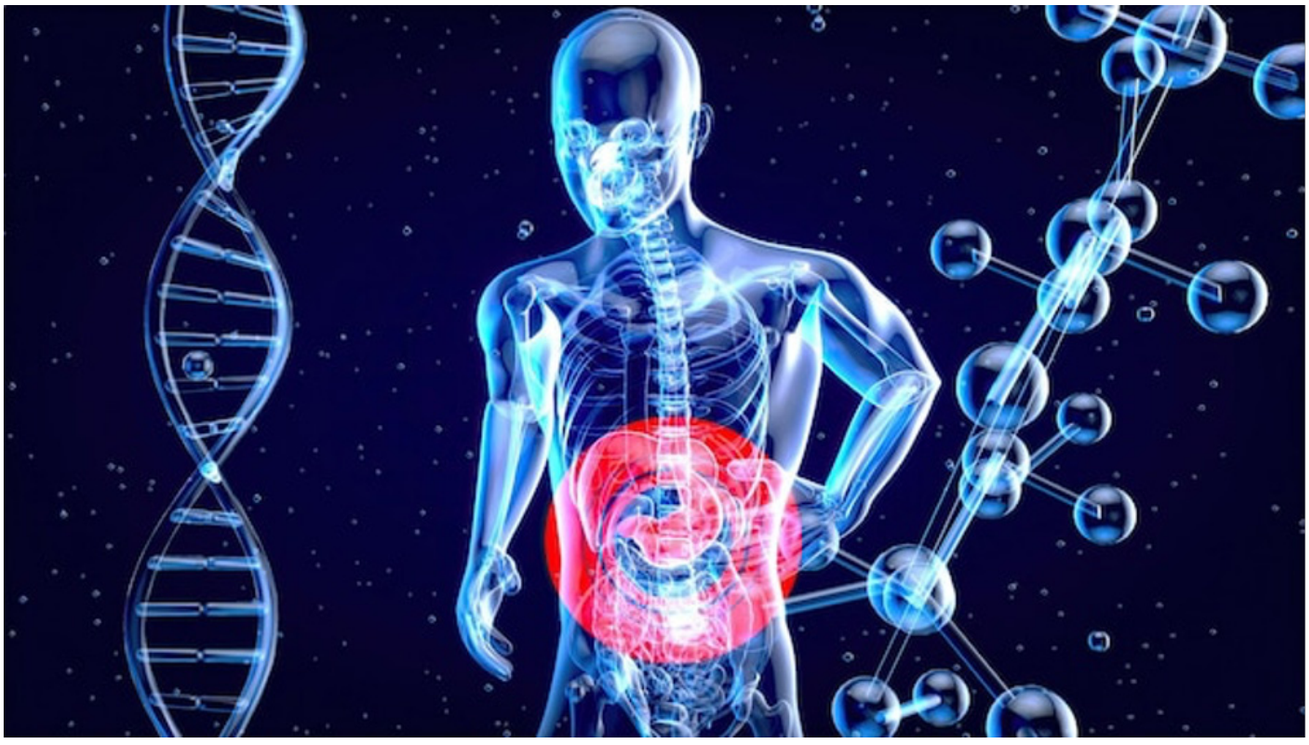
La microbiota intestinal: Un ecosistema complejo que hace vibrar a nuestro cerebro

Desde que nacemos, el **cuerpo** comienza a ser **colonizado por miles de microorganismos** que nos acompañarán hasta el último suspiro de vida, incluso más allá de él. Millones de **bacterias, virus, hongos y otros microbios** forman un ecosistema increíblemente diverso, distribuyéndose en piel, órganos, cavidades y mucosas. De todos ellos, **los microorganismos más abundantes son los que residen en el intestino,** conformando lo que **se conoce como la microbiota intestinal.**

Estos microorganismos producen millones de moléculas que no solo permiten la comunicación entre ellos, sino que también **controlan la actividad de una gran diversidad de células del sistema gastrointestinal,** un sistema que desempeña **funciones** como la **absorción de nutrientes** o la **modulación de señales de hambre y saciedad.** Además, estas moléculas promueven la **maduración y educación del sistema inmunitario,** y recientemente se ha descubierto que también **interactúan con numerosos tipos de neuronas** y otras células **del sistema nervioso**, tanto periféricas como las que se encuentran en el cerebro.

Las moléculas producidas por la microbiota intestinal incluyen **mensajeros químicos**, clave en la comunicación y en el **funcionamiento adecuado del sistema nervioso**. Por ejemplo, pueden **producir directamente serotonina,** fundamental para regular el estado de ánimo, la conducta del dormir y el apetito; **dopamina**, que está asociada con la motivación y sensaciones de placer, a la vez que juega un papel importante en la coordinación de movimientos; finalmente, **ácido gamma-aminobutírico (GABA),** un neurotransmisor fundamental del sistema nervioso central, ya que se encarga de disminuir la actividad de las neuronas cerebrales. Todos estos elementos químicos son **cruciales para la regulación de emociones y de funciones cognitivas.**

La microbiota intestinal también puede influir en el funcionamiento del sistema nervioso **de forma indirecta** a través de moléculas que solo estos microorganismos pueden producir y las cuales activan o inhiben células del sistema nervioso. Un ejemplo son los **ácidos grasos de cadena corta (AGCC),** producidos gracias a la digestión bacteriana de fibras, granos y otros productos vegetales. Finalmente, los microbios intestinales pueden **influir**



https://www.freepik.com/free-photo/abstract-motion-design-stomach_134364078.htm#fromView=image_search_similar&page=1&position=1&uuid=ab91ab23-b59a-4fea-91a4-c6e3c5941cc9

en la permeabilidad de la barrera hematoencefálica que protege al cerebro de sustancias potencialmente dañinas, así como **activar o inhibir la función inmunitaria,** lo que influye en diferentes rutas de comunicación con el sistema nervioso.

Al igual que cualquier ecosistema, l**a salud de la microbiota intestinal depende del tipo de organismos que la conforman,** su diversidad y las redes de comunicación que establecen. Cuando alguno de estos elementos se altera por perturbaciones ambientales, como el uso de antibióticos o cambios en la dieta, la microbiota intestinal puede entrar en una condición conocida como disbiosis. Estas **disbiosis pueden estar relacionadas con estados de salud mental desfavorables**, como la depresión o la ansiedad, **así como con enfermedades degenerativas** como el Parkinson o el Alzheimer, e incluso con trastornos del desarrollo como el autismo.

Fermentos y salud mental

Los fermentos son **alimentos** que han sido **transformados por la acción de microorganismos** como bacterias, hongos o levaduras, a través de un **proceso llamado fermentación.** Durante este proceso, los microorganismos **descomponen azúcares y otros componentes del alimento**, produciendo compuestos como ácidos grasos de cadena corta, gases y alcoholes. Como resultado, **los fermentos son ricos en microorganismos vivos llamados probióticos** y en una variedad de compuestos bioactivos.

Los **estudios clínicos** sobre la **relación entre el consumo de fermentos y la salud mental son relativamente recientes**, pero han arrojado resultados prometedores. Por ejemplo, uno de los trabajos pioneros encontró que el consumo de **yogur fermentado** durante cuatro semanas promovía una **reducción significativa** de la actividad en áreas del cerebro asociadas con el **procesamiento emocional.** Más recientemente, **se mostró que el kéfir,** un fermento de la leche, consumido durante ocho semanas, **mejoró los síntomas depresivos en personas con síndrome de colon irritable,** un trastorno que a menudo se asocia con ansiedad y depresión.

Los fermentos también pueden influir en la salud mental a través de la **reducción de la inflamación sistémica.** La inflamación crónica de bajo grado es un **factor de riesgo conocido para enfermedades neurodegenerativas** como el Parkinson, el Alzheimer o trastornos del neurodesarrollo como el espectro autista. Los fermentos pueden reducir la permeabilidad intestinal e incluso de la barrera hematoencefálica, disminuyendo así la inflamación y sus efectos negativos sobre estos padecimientos.

Utilizando **ratones** como modelo, se observó que **el consumo regular de kéfir mejora los síntomas de ansiedad y depresión,** y estos efectos estarían relacionados con cambios en la composición de la microbiota intestinal y con una reducción en la inflamación sistémica. No obstante, **los estudios en humanos sobre estos efectos son escasos** y, en la mayoría de los casos, se sabe poco del efecto de estos fermentos en la abundancia y diversidad de los microorganismos de la microbiota intestinal, antes y después de su consumo regular.

Lo que sí sabemos es que muchos de los fermentos que se consumen en el mundo, son producidos por microorganismos que pueden formar parte de esta microbiota intestinal y que han sido estudiados por sus efectos sobre la salud. Algunos de ellos, incluso, han sido **denominados «psicobióticos» para enfatizar su posible influencia benéfica en la salud mental.**

Entre los **microorganismos** presentes **más comunes**, se encuentran **bacterias lácticas** como *Lactobacillus rhamnosus, Lactobacillus. plantarum* y *Lactobacillus bulgaricus;* bifidobacterias como *Bifidobacterium bifidum, Bifidobacterium longum* y *Bifidobacterium animalis;* levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* o *Saccharomyces boulardii,* y hongos como *Aspergillus oryzae* o *Rhizopus oligosporus.* Todos estos microorganismos han sido **ampliamente estudiados por su capacidad para producir ácidos grasos de cadena corta** u otros componentes neuroactivos como GABA, acetilcolina y glutamato, así como por su capacidad de modulación del sistema inmunitario, promoviendo pro o anti inflamación a nivel local e incluso a nivel del sistema nervioso central.

Fermentos naturales mexicanos, ¿una perspectiva local para promover la salud?

Los **fermentos naturales en México** son una muestra de la rica diversidad culinaria del país. Los más estudiados, en cuanto a los microorganismos que los producen y sus posibles beneficios, son el **tepache**, bebida fermentada a partir de la cáscara y el corazón de la piña; el **pulque,** fermento elaborado a partir del aguamiel, el jugo extraído de la planta de maguey; el **pozol,** producido a partir de maíz fermentado; el **chilate**, hecho a base de cacao, arroz, canela y piloncillo, y, recientemente, se está explorando el **colonche**, bebida fermentada de la tuna cardona (tuna roja) que se consume en la región conocida como Gran Tunal en los estados de Guanajuato, San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas y Jalisco.

A estos fermentos se les han descrito **diferentes propiedades benéficas** en la población mexicana, tales como el **aumento en la producción y biodisponibilidad de nutrientes** como calcio, hierro, vitaminas (B, principalmente) y aminoácidos esenciales. Por otro lado, también se ha descrito que pueden tener **beneficios antioxidantes y antiinflamatorios,** lo que podría contribuir a la preven-

https://pixabay.com/es/photos/sii-probi%C3%B3ticos-intestino-est%C3%B3mago-5308379/

ción de enfermedades crónicas asociadas al sistema nervioso.

¿Hacia dónde vamos?

A pesar de existir evidencia que sugiere que la incorporación de estos microorganismos a través del consumo de fermentos puede ser una estrategia prometedora para promover la salud de la microbiota, **el número de trabajos clínicos que evidencian cambios en la microbiota, en su salud y en la salud de quienes los consumen, es extremadamente escaso;** en cuanto a los fermentos de origen mexicano, aún no hay investigaciones. El estudio de la microbiota está dirigiendo gran parte de sus esfuerzos hacia un mayor conocimiento de la ciencia aplicada de la microbiota en la salud humana, con énfasis en el uso de fermentos.

Además de la necesidad de mayor evidencia, **es crucial consumir fermentos de manera adecuada y segura.** Algunos, si no se preparan correctamente, pueden contener microorganismos patógenos, por lo tanto, se recomienda seguir prácticas seguras de fermentación y **buscar fermentos que cumplan con estándares de calidad.**

Conclusiones prometedoras

La **intersección entre fermentos, microbiota y salud mental** representa un campo de investigación fascinante y prometedor. La idea de que lo que comemos puede influir en nuestro cerebro y emociones, abre **nuevas posibilidades para la prevención y el tratamiento de trastornos mentales**. Aunque todavía queda mucho por descubrir, la evidencia actual sugiere que incluir fermentos en la dieta podría ser un paso simple, pero poderoso hacia una mejor salud mental.

Con el avance continuo de la ciencia, es posible que, en el futuro, los fermentos sean reconocidos no solo por sus beneficios digestivos, sino también como una herramienta clave en el cuidado de la mente. Aquí, **el estudio de la microbiota con el uso de fermentos tradicionales mexicanos será clave,** no solo para explorar sus efectos en la salud, sino también para cambiar la percepción social de estos productos. El consumo de fermentos tradicionales en nuestro país tiene un valor cultural significativo y forman parte de la identidad gastronómica popular del México contemporáneo que formó parte de ese México precolombino.

sabermás

Mayer E. (2017). Pensar con el estómago: Cómo la relación entre digestión y cerebro afecta a la salud y el estado de ánimo. Grijalbo. https://www.amazon.com.mx/Pensar-est%C3%B3mago-relaci%C3%B3n-digesti%C3%B3n-cerebro-ebook/dp/B072R47555

Morais L.H., Schreiber IV H.L. y Mazmanian S.K. (2021). The gut microbiota–brain axis in behavior and brain disorders. Nature Reviews Microbiology, 19(4), 241-255. https://doi.org/10.1038/s41579-020-00460-0

Yong E. (2017). Yo contengo multitudes: Los microbios que nos habitan y una mayor visión de la vida. Debate. https://archive.org/details/yocontengomultitooooyong

ARTÍCULO

Desenredando el concepto de estrés. ¿Qué significa realmente?

Naima Lajud

https://www.freepik.com/free-photo/successful-female-entrepreneur-blue-collar-shirt_10546176.htm#fromView=search&page=2&position=31&uuid=d5c9e4f1-7098-4e29-ae01-71349a014038

Resumen

El concepto de estrés, aunque frecuentemente es asociado a experiencias negativas, involucra respuestas hormonales y conductuales. Fue introducido en la década de 1930 por Hans Selye, pero ha evolucionado y actualmente se entiende como una respuesta adaptativa que nos prepara para enfrentar amenazas. La respuesta hormonal aumenta nuestras posibilidades de supervivencia; sin embargo, si el estrés es excesivo o se vuelve crónico, sus consecuencias pueden ser negativas. En este artículo, revisaremos las ideas y los conceptos que dieron origen al concepto de estrés, describiremos la fisiología de la respuesta al estrés en diversas especies de mamíferos y discutiremos si el estrés promueve la supervivencia o si puede llevar a la aparición de diversas patologías.

Palabras clave: Estresor, hormonas, respuesta adaptativa.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 28/11/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

Naima Lajud. Investigadora Titular, Centro de Investigación Biomédica de Michoacán, Instituto Mexicano del Seguro Social. Morelia, Michoacán, México.
naima.lajud@imss.gob.mx

¿Qué es el estrés?

La **palabra «estrés»** es un término que, si bien es **ampliamente utilizado en nuestra vida cotidiana y casi siempre con una connotación negativa**, pocos nos detenemos realmente a pensar lo que significa y lo que hace en nuestro organismo. Aunque el uso de la palabra estrés en las ciencias naturales es relativamente reciente, ya se empleaba en metalurgia para describir a la fuerza interna que se desarrolla en un material bajo carga externa. En la década de 1930, **Hans Selye** retomó esta idea y **definió el estrés como «una respuesta inespecífica ante cualquier demanda»**. Sin embargo, esta definición por sí sola no es clara. Para comprenderla plenamente, debemos entender qué implica esa «respuesta» y qué significa esa «demanda». Más importante aún, necesitamos entender cómo fue que Hans Selye llegó a formular el concepto de estrés y sus descubrimientos.

Robert Sapolsky, un reconocido experto en estrés, relata una historia fascinante sobre Selye. Durante un experimento, Selye administró una sustancia a ratas y observó que desarrollaban úlceras, creyendo inicialmente que había descubierto un agente que causaba la enfermedad. No obstante, el experimento fracasó cuando Selye se dio cuenta de que las ratas del grupo control, que no recibían la sustancia activa, también presentaban úlceras. Selye se dio a la tarea de tratar de entender por qué pasaba esto y descubrió que su torpeza al manipular a los animales era la causa. Así, comenzó a someter a las ratas a una **variedad de estímulos,** observando que, independientemente del tipo, **los animales siempre mostraban la misma «respuesta inespecífica».** De forma similar a lo que ocurría con el concepto de estrés en los metales, **los organismos mostraban una «fuerza interna» cuando se le somete a una carga externa.**

Selye **se basó en la idea de Walter Cannon,** quien había trabajado con pacientes con lesiones hemorrágicas durante la Segunda Guerra Mundial y había descubierto que las catecolaminas, como **la**

https://www.freepik.com/free-photo/frustrated-scientist-man_1184261.htm#fromView=search&page=1&position=4&uuid=d5c9e4f1-7098-4e29-ae01-71349a014038

https://www.freepik.com/premium-photo/happy-boy-putting-hands-box_12713560 6.htm#fromView=search&page=2&position=20&uuid=215d31a9-d9bf-4cbe-a011-41214842c92d

adrenalina, participaban en la respuesta ante el shock. No obstante, **Selye fue el primero en reconocer que había otras hormonas involucradas en esta respuesta.** También **denominó «estresores» a los agentes que desencadenaban el estrés** y logró vislumbrar algunas contradicciones biológicas en esta respuesta. Su última gran contribución fue la **distinción entre el estrés negativo,** al que llamó **«distrés»**, y **el estrés positivo**, al que denominó **«eustrés».**

Como ocurre con todo en la ciencia, el concepto de estrés ha cambiado y evolucionado conforme más hemos aprendido. Aunque algunas ideas de Selye, como el concepto de eustrés, se siguen utilizando en algunas disciplinas, en el campo de las neurociencias, han caído en desuso. **Actualmente, el estrés se define como «una serie de respuestas fisiológicas y conductuales que se activan en respuesta a una amenaza a la homeostasis del organismo».** Este concepto incluye a la respuesta neuroendocrina al estrés y a comportamientos como la ansiedad, el miedo o la ira, y las respuestas de «enfrentamiento o huida».

¿Cómo responden los organismos al estrés?

La respuesta al estrés se origina en el cerebro, el cual **detecta la presencia del estresor,** ya sea físico (como una herida) o psicológico (como observar a un depredador). Estos estímulos **activan** una región situada en la base del cráneo llamada **hipotálamo** y desencadenan una especie de **carrera de relevos en la que diferentes glándulas del cuerpo se «pasan» el mensaje** de una a otra **para culminar en una respuesta organizada.** La respuesta al estrés tiene dos componentes: uno rápido, coordinado por el **sistema simpático-adrenal;** y otro lento, coordinado por el eje **hipotálamo-hipófisis-glándulas suprarrenales** (eje HHA).

En el **primer relevo, el hipotálamo libera hormona liberadora de corticotropina** (CRH) a la circulación sanguínea. Curiosamente, la CRH actúa tanto como una hormona que se libera en la sangre, como un neurotransmisor. La CRH viaja por el torrente sanguíneo hasta llegar a una glándula llamada hipófisis, donde tiene lugar el **segundo relevo.** Allí, se produce la **liberación de adenocorticotropina**, que viaja por todo el cuerpo hasta alcanzar a las glándulas suprarrenales. En el **tercer relevo,** las suprarrenales producen unas **hormonas llamadas glucocorticoides.** El glucocorticoide **más famoso es el cortisol,** aunque existen otros que cumplen funciones similares en distintas especies.

¿Qué pasa cuando el estrés es demasiado?

La activación de la **respuesta al estrés** es un **mecanismo adaptativo seleccionado por la evolución para ayudarnos a sobrevivir emergencias**. Este sistema de alarma se activa cuando nuestro organismo enfrenta una amenaza, preparándonos para contender con ella.

Robert Sapolsky, usa la metáfora de la cebra y el león para ilustrar este fenómeno. Imaginemos

que somos una cebra y nos damos cuenta de que hay un león acechando en la sabana. Nuestro cuerpo activa una serie de respuestas que pueden, ya sea, ayudarnos a enfrentar al león (aunque esto probablemente no sea la mejor idea para una cebra) o escapar corriendo. **La respuesta al estrés coordina las funciones del organismo para maximizar nuestras posibilidades de sobrevivir.**

Es así como la ***adrenalina y los glucocorticoides*** hacen que el corazón lata más rápido, asegurando que la energía y el oxígeno lleguen rápidamente a los músculos. También promueven la liberación de energía almacenada en el hígado. Además, **la CRH ayuda a enfocar la atención, permitiéndonos reconocer el mejor camino para escapar.** También se redirigen los recursos del cuerpo hacia la supervivencia, apagando funciones no esenciales. Como explica Sapolsky, si estás a punto de convertirte en el almuerzo de alguien, no es el momento de preocuparte por digerir tu propio desayuno.

Pero, **¿qué pasa cuando el estrés es demasiado?** Hans Selye identificó que la activación de los sistemas del **estrés también puede ser perjudicial,** y le llamó la **«fase de agotamiento»**. Hoy entendemos que la cualidad adaptativa o maladaptativa del estrés, **depende principalmente de su duración.** A diferencia de las cebras, que no enfrentan leones con frecuencia, los humanos tenemos una imaginación rica y un sistema social complejo que nos hace vulnerables a imaginar situaciones estresantes. Así, pasamos nuestras vidas pensando que el tráfico, el trabajo o la falta de aceptación social son nuestros propios leones, manteniéndonos en un estado crónico de estrés.

Los organismos no pueden **vivir con una alarma encendida todo el tiempo**, y es aquí donde **aparece la fase de agotamiento**. Existe una relación directa entre los efectos adaptativos de la respuesta aguda al estrés y las patologías que pueden desarrollarse a largo plazo. La movilización de glucosa y el aumento del flujo sanguíneo son útiles a corto plazo, pero crónicamente **pueden causar diabetes y enfermedades cardiovasculares.** Además, desactivar los sistemas de recompensa puede causar **depresión y ansiedad.** De tal forma que, desde las neurociencias, ahora más que eustrés o distrés, consideramos a los efectos del estrés dependiendo de su duración.

¿Todos los organismos responden igual al estrés?

https://pixabay.com/es/photos/cansado-trabajadores-dormir-romper-2327889/

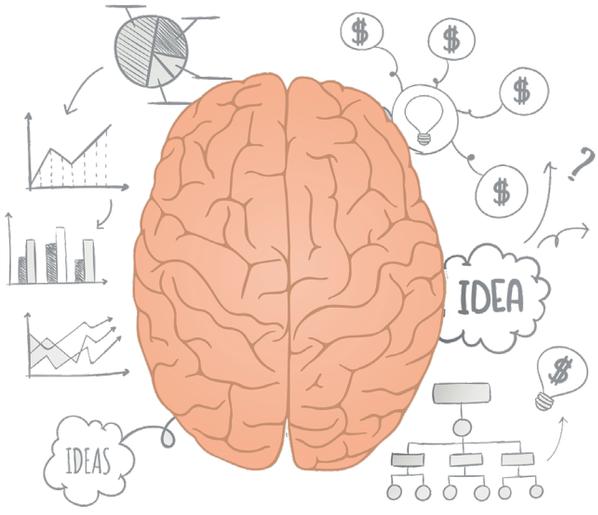
El concepto de estrés fue desarrollado inicialmente para describir un sistema que existe principalmente en los **mamíferos** y que requiere la **activación del eje hipotálamo-hipófisis-glándulas suprarrenales. En organismos que no poseen este eje, la respuesta al estrés se manifiesta a través de mecanismos distintos.** En invertebrados, la respuesta al estrés se regula mediante hormonas como la ecdisoma. En los peces y anfibios, la respuesta involucra la liberación de glucocorticoides, pero a través de un sistema diferente: eje hipófisis-interrenal.

El estudio de la respuesta al estrés en animales silvestres ha sido un desafío, principalmente debido a la falta de valores de referencia de las hormonas del estrés. **Los glucocorticoides** son hormonas que **participan en varias funciones, como la regulación del ciclo circadiano o el metabolismo.** Estas hormonas funcionan uniéndose a dos tipos de puertas o cerraduras celulares llamadas receptores: los tipos 1 (MC) y 2 (GC). Los glucocorticoides prefieren ocupar los MC antes que los GC, de modo que, **cuando los organismos están en reposo, las concentraciones de glucocorticoides en sangre son bajas.** Solo cuando los niveles superan las concentraciones normales, ocupan todos los sitios de los MC y comienzan a activar los GC.

Debido a limitaciones inherentes a los muestreos en animales silvestres, es difícil obtener mediciones en reposo. Por lo tanto, no podemos determinar si los niveles evaluados son lo suficientemente altos como para ocupar los receptores GC. Esto ha llevado a muchos estudios erróneos donde se interpreta la mera presencia de hormonas como una señal de «estrés ambiental», sin considerar su verdadero contexto fisiológico.

A medida que avanzamos en la comprensión del estrés, observamos que **los organismos responden de manera diversa.** Esto resalta la necesidad de considerar el contexto y la duración del estrés, en lugar de clasificarlo solo como positivo o negativo. También, es importante considerar que **el estrés y la activación de la respuesta al estrés son mecanismos evolutivos que han permitido sobrevivir a las especies durante milenios.**

Aunque los efectos de la exposición crónica al **estrés en la salud humana son innegables,** es fundamental recordar que la evolución prioriza la supervivencia de la especie sobre el bienestar individual. Comprender los mecanismos detrás de la respuesta al estrés es esencial para **desarrollar estrategias que nos ayuden a manejarlo de manera saludable** y prevenir sus efectos nocivos a largo plazo.



sabermás

Sapolsky R. Estrés. (2008). *Retrato de un asesino* [Archivo de Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=ISNJ8O9cFeg

McEwen B. y Sapolsky R. (2006). El estrés y su salud. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *91*(2), E1-E2. https://doi.org/10.1210/jcem.91.2.9993

OMS. (2023). *Estrés*. Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/stress

OPS. (2020). *En tiempos de estrés, haz lo que importa: Una guía ilustrada*. Organización Panamericana de la Salud. https://www.paho.org/es/documentos/tiempos-estres-haz-lo-que-importa-guia-ilustrada

ARTÍCULO

Cannabinoides ¿Amigos o enemigos?

Marcia Yvette Gauthereau-Torres

https://www.freepik.com/free-photo/medical-marijuana-close-up-cannabis-buds-joints_7365452.htm#fromView=search&page=1&position=24&uuid=7a2c8afb-a597-4116-8ce6-88caca2887ce

Marcia Yvette Gauthereau-Torres. Profesora e Investigadora, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas «Dr. Ignacio Chávez», Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
marcia.gauthereau@umich.mx

Resumen
El consumo de sustancias derivadas (cannabinoides) del cannabis (marihuana) se ha asociado con propiedades neuroprotectoras que podrían ser útiles en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, pero esta planta contiene compuestos que son adictivos y que pueden provocar problemas de salud. El Δ9-tetrahidrocannabinol (THC) es el compuesto predominante que altera la mente y el cannabidiol (CBD), es al que se le han atribuido muchas de las propiedades terapéuticas del cannabis. En este artículo te hablo sobre los padecimientos y síntomas que pueden controlarse, como el dolor, la epilepsia, la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson y la esclerosis múltiple. No obstante, se requieren más estudios para confirmar la eficacia y la seguridad de estos compuestos en la práctica clínica.

Palabras clave: Cannabis, CBD, enfermedades neurodegenerativas, THC.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 28/11/2004; PUBLICADO: 14/02/2025

Consumo de cannabis ¿Beneficio o perjuicio?

Todos hemos escuchado hablar del cannabis, pero, por si este término no te suena familiar, nos referimos a la **planta de la marihuana** (***Cannabis sativa***), de la cual se dicen muchas cosas. Unas indican que la planta contiene **compuestos que son adictivos** y que pueden llevar a problemas de salud, como pérdida de la memoria y ataques psicóticos; otras hablan de sus **propiedades benéficas**. En este artículo te muestro los efectos de las sustancias naturales derivadas de esta planta, sobre enfermedades neurodegenerativas, es decir, enfermedades que van deteriorando el sistema nervioso de las personas y, en consecuencia, su calidad de vida.

Las **enfermedades neurodegenerativas** constituyen un desafío para la medicina moderna, ya que **no existen tratamientos que las curen de manera efectiva**; es por esto, que los **cannabinoides o sustancias derivadas de cannabis,** constituyen un **área prometedora de estudio,** dadas sus potenciales propiedades neuroprotectoras y terapéuticas.

¿Qué son los cannabinoides?

Los cannabinoides son s**ustancias presentes en la planta de la marihuana**, la cual se ha cultivado por más de 6000 años y desde hace mucho tiempo se sabe que dicha planta **podría ser útil para tratar el dolor y las convulsiones.** El cannabis contiene muchos compuestos y de estos existen dos **sustancias que son las más conocidas y estudiadas:** el Δ9-tetrahidrocannabinol (THC) y el cannabidiol (CBD). **El THC es el compuesto psicotrópico** predominante, es decir, el responsable de que las personas se puedan volver adictas a la marihuana, mientras que el **CBD es el principal componente no psicoactivo y al que se le atribuyen muchas de las propiedades terapéuticas.** Los sitios donde se unen los cannabinoides están presentes en muchas partes del cuerpo, como el cerebro, el bazo, las amígdalas y las células inmunes, lo que provoca que puedan tener efectos antienvejecimiento, antiinflamatorios y protectores del sistema nervioso.

¿Los cannabinoides ayudan a reducir el dolor?

Existen registros que indican que, desde hace 5000 años, se usa el **cannabis para el tratamiento del dolor;** sin embargo, todavía no se conoce bien cómo actúa en el organismo. Se ha visto que el **THC puede ayudar a reducir el dolor neuropático**, o sea, aquel dolor que se produce **por un daño a los nervios** y que se siente como punzante, ardiente u hormigueante, pero hay que tener en cuenta que

El cannabis puede ser útil en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. https://houseofweed.cl/blogs/medicinal/enf-neurodegenerativas

Desde hace años se emplea el CBD en el tratamiento de la epilepsia. https://thecannabisweb.org/usos-terpeuticos-cannabis/

este es el compuesto responsable de los efectos adictivos de la marihuana. Existe un fármaco que es una combinación de THC y CBD, y las personas reportan que, si se administra en conjunto con analgésicos, reduce la intensidad del dolor.

Por otro lado, desde hace tiempo, se ha reconocido al **CBD como un agente antiinflamatorio.** Se han hecho **pruebas en ratas con osteoartritis**, es decir, con una enfermedad en la que los tejidos de la articulación afectada se deterioran con el tiempo, y se ha visto que se **reduce de manera transitoria la inflamación de las articulaciones y se bloquea el dolor,** lo cual es un hallazgo prometedor para su uso en humanos. No obstante, hay estudios contradictorios que llevan a pensar que las acciones de los cannabinoides para aliviar el dolor no son claras.

¿Los cannabinoides ayudan a controlar la epilepsia?

La **epilepsia** es una enfermedad en la **que las neuronas o células cerebrales se vuelven hiperexcitables y eso desencadena la generación de convulsiones.** Afecta, aproximadamente, a 65 millones de personas en el mundo y aparecen de 20 a 70 nuevos casos por cada 10 000 personas cada año. Desde hace mucho tiempo, se cree que la **marihuana puede reducir la severidad e incidencia** de convulsiones, ataques epilépticos y rigidez muscular. En modelos animales se ha mostrado que el CBD tiene efectos anticonvulsivantes y, al hacer estudios clínicos en humanos, **el aceite de cannabis enriquecido con CBD también ha sido efectivo,** observándose que las convulsiones pueden disminuir desde menos del 50 % hasta más del 75 %.

¿Puede mejorar la demencia con el cannabis?

La enfermedad de **Alzheimer** es una de las formas más comunes de demencia y se caracteriza por la **acumulación de unas placas de proteína en el cerebro que lleva a la degeneración de las neuronas** y, en consecuencia, a la pérdida de la memoria. En este sentido, se sabe que **el CBD puede reducir la acumulación de estas placas** de proteína y la inflamación que se asocia con esta enfermedad, teniendo además **efectos antioxidantes,** lo que lleva a la protección del cerebro; incluso se ha observado que el CBD puede mejorar el comportamiento y la memoria en modelos animales con Alzheimer, lo que sugiere que este cannabinoide tiene un potencial terapéutico para dicha enfermedad.

En contraste con los hallazgos anteriores, hay estudios donde no se tiene certeza de si los cannabinoides tienen efectos benéficos o dañinos sobre la demencia. **En algunas investigaciones, los efectos pueden ser muy pequeños para ser significa-**

tivos. Este es el caso de pacientes cuyos miembros de la familia no reportan mejoría en ellos con el uso de cannabinoides, pero sí el personal de enfermería. Se requiere más investigación para determinar la eficacia y seguridad a largo plazo del CBD en humanos.

¿Es útil la administración de cannabinoides en la enfermedad de Parkinson?

La enfermedad de **Parkinson** se caracteriza por la **presencia de temblores, rigidez y problemas de movilidad.** Se han probado el THC y el CBD, y parecen tener acciones prometedoras para mejorar los síntomas motores de esta enfermedad; mientras que **el THC puede mejorar el control motor y reducir el dolor** en pacientes con Parkinson, el **CBD tiene efectos antiepilépticos y ansiolíticos** que pueden beneficiar a quienes tienen algún trastorno asociado. Al parecer, el CBD puede mejorar la calidad de vida en pacientes con Parkinson que no tengan otras enfermedades psiquiátricas, por lo que la combinación de cannabinoides con otros tratamientos **puede ofrecer una estrategia complementaria para el manejo de los síntomas,** aunque se necesitan más estudios clínicos en donde participen más personas para confirmar estos hallazgos.

Aunque todo lo mostrado anteriormente apunta a que compuestos como el CBD pueden mejorar los síntomas de la enfermedad de Parkinson, **se han hecho estudios donde los resultados son contradictorios**, ya que se reporta que al administrar los cannabinoides en un grupo de personas con Parkinson, no se vieron beneficios, sino que, por el contrario, quizás empeoró su función mental y hubo problemas de sueño, así como muchos efectos adversos leves.

¿Ayudan el THC y el CBD en la esclerosis múltiple?

La **esclerosis múltiple** es una enfermedad en la que **el sistema inmunitario ataca la mielina, es decir, la sustancia que recubre los nervios,** lo que lleva a alteraciones en las funciones neurológicas. Existe evidencia de que **el THC y el CBD ayudan en el alivio de síntomas como el dolor, la rigidez y la disfunción motora** en pacientes con esta enfermedad. De hecho, existe un medicamento basado en una combinación de THC y CBD que ha sido aprobado en varios países para el tratamiento de la rigidez muscular en personas con esclerosis. Además, se ha mostrado que **el CBD es capaz de aliviar el dolor neuropático** en quienes padecen de esclerosis múltiple.

Cannabinol: Un cannabinoide poco conocido

La mayoría de lo que se conoce de los cannabinoides es a través del THC y el CBD; sin embargo,

En los últimos años, ha aumentado la investigación acerca de los usos medicinales de los cannabinoides. https://www.gaceta.unam.mx/debaten-factores-legales-y-uso-de-cannabinoides-en-mexico/

recientemente se comenzaron a estudiar compuestos derivados del **cannabinol, un cannabinoide poco conocido** en comparación con el THC y el CBD, encontrando que, en un modelo en el que se usaron moscas de la fruta, **estas sustancias pueden proteger al cerebro,** por lo que se sugiere que el cannabinol **podría ser útil para tratar trastornos neurológicos** como el daño cerebral traumático, la enfermedad de Alzheimer y la enfermedad de Parkinson. No obstante, **se requieren estudios futuros** de los efectos de este cannabinoide en el cerebro, lo que podría inspirar el desarrollo de nuevas terapias para uso clínico.

¿Hacia dónde vamos?

Es importante tomar en cuenta que, al usar cannabinoides para enfermedades neurodegenerativas, **los efectos pueden variar de persona a persona**. En ocasiones **no está bien estandarizada la dosis** que se administra y puede haber **efectos secundarios,** sobre todo, cuando se consume THC. Por otro lado, los cannabinoides **pueden interaccionar con otros medicamentos** y no se conocen bien los efectos a largo plazo.

La investigación futura debe centrarse en la realización de ensayos clínicos más amplios y bien controlados, así como en **investigar con precisión cómo actúan los cannabinoides en el organismo.** También sería importante identificar quiénes son los pacientes que puedan beneficiarse más de los tratamientos con cannabinoides y de esta forma personalizar los tratamientos.

¿Qué podemos concluir?

Los cannabinoides naturales, en particular el **THC** y el **CBD**, han demostrado tener potencial en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, ya que **poseen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y neuroprotectoras.** La investigación inicial es alentadora, **pero se requieren más estudios para confirmar la eficacia y la seguridad de estos compuestos en la práctica clínica.** Además, se deben considerar los efectos derivados del consumo de preparaciones que contengan THC, porque este compuesto es el principal responsable de las acciones adictivas, los trastornos emocionales como depresión y ansiedad, así como de la posible presentación de ataques psicóticos.

La integración de cannabinoides en el arsenal terapéutico para enfermedades neurodegenerativas, podría representar un avance significativo en el tratamiento de estos trastornos complejos y debilitantes.

sabermás

García-Henares J.F. y de Santiago-Moraga J. (2022). Evidencia científica actualizada del tratamiento con cannabis medicinal en pacientes con dolor crónico. *Rev Soc Esp Dolor, 29*(Supl.1), 10-13. https://scielo.isciii.es/pdf/dolor/v29s1/1134-8046-dolor-29-s1-10.pdf

NIH. (2019). ¿Qué es la marihuana medicinal? Instituto Nacional sobre el Abuso de Drogas de Estados Unidos; Institutos Nacionales de la Salud; Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. https://nida.nih.gov/es/publicaciones/drugfacts/la-marihuana-es-un-medicamento

Suero-García C., Martín-Banderas L. y Holgado M.A. (2015). Efecto neuroprotector de los cannabinoides en las enfermedades neurodegenerativas. *Ars Pharm., 56*(2), 77-87. https://scielo.isciii.es/pdf/ars/v56n2/revision2.pdf

ARTÍCULO

Alimentos funcionales e hipotálamo: Usando la cabeza contra la obesidad

Estefanía Farías-Gaytán y Omar Guzmán-Quevedo

https://pixabay.com/es/photos/sandwich-la-medida-papas-fritas-2965905/

Estefanía Farías-Gaytán. Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
0675121J@umich.mx

Omar Guzmán-Quevedo. Profesor e Investigador del Tecnológico Nacional de México (TECNM) / Instituto Superior Tecnológico de Tacámbaro, líder del Laboratorio de Neuronutrición Experimental e Ingeniería de Alimentos. Tacámbaro, Michoacán.
omar.gq@tacambaro.tecnm.mx

Resumen
La obesidad es la enfermedad más alarmante en México y en el mundo, ya que es un factor para el desarrollo de la diabetes, enfermedades cardiovasculares e inclusive el cáncer. Con la obesidad, la economía y la calidad de vida de las personas involucradas se ven afectadas. Por ello, encontrar soluciones para contrarrestar esta enfermedad es urgente, puesto que no existen tratamientos efectivos a largo plazo. La obesidad comienza por un daño en el hipotálamo, en el cerebro, el cual sufre una inflamación por el consumo de alimentos con exceso de azúcar y grasas saturadas. Es factible revertir o proteger de la obesidad con la adición de fuentes de moléculas especiales, capaces de reparar el daño causado por la mala alimentación. Las fuentes de dichas moléculas son llamados alimentos funcionales, como el aguacate, el aceite de oliva y los cítricos.
Palabras clave: Alimento funcional, cerebro, hipotálamo, obesidad.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 28/11/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

¿Sabías que un peso saludable es mantenido gracias al hipotálamo?

Pues bien, esta **región del cerebro** posee ciertos poderes que **nos dicen cuándo comer y cuándo dejar de hacerlo.** Cuando pasamos un periodo largo de tiempo sin comer, unas neuronas del hipotálamo nos producen apetito, pero al comenzar a comer, otras neuronas comienzan a quitarnos el hambre poco a poco... hasta parar de comer. ¡Maravilloso! Sin embargo, **esta capacidad del hipotálamo se puede ver afectada por la comida con alto contenido de azúcares y grasas**, lo que llamamos «comida chatarra». Tomar refrescos, comer pizzas, hamburguesas, panes ultraprocesados, entre otros alimentos, **produce una inflamación en el hipotálamo, la cual rompe el magnífico equilibrio** y se comienza a ganar peso. Si la alimentación sigue siendo de comida chatarra, la ganancia de peso no cesa y se produce la obesidad. ¡Problemón! **La persona con obesidad puede desarrollar diabetes, hipertensión, colesterol alto y, eventualmente, problemas del corazón.**

¡La guerra no está perdida!

¿Te imaginas que pudieras comer de todo lo que te apetece sin subir de peso? Suena a una idea utópica o hasta sacada de una película; sin embargo, resulta que podría ser una realidad, y la respuesta siempre estuvo frente a nosotros. ¿Dónde?, se preguntarán. Bueno, si van a la cocina y exploran por ahí, tal vez encuentren en la alacena una botella de aceite de oliva, o si buscan en su refrigerador, puede que al lado de los tomates y la cebolla haya una bolsa de limones esperando ser comidos. Sí, es así, ¡eureka! Los encontraron, alimentos de la dieta que siempre han estado presentes y que pocas veces nos ponemos a pensar, lo mucho que pueden aportar a nuestra salud.

La **oliva** (aceituna), en sus diversas presentaciones, como el famoso y bien recomendado aceite de oliva extra virgen, o **los cítricos como el limón o la mandarina**, entran en un grupo de alimentos que **se conocen como alimentos funcionales.** No todos los alimentos entran en esta tan prestigiosa categoría, y es que resulta que hay una variedad de

https://pixabay.com/es/illustrations/obesidad-dieta-adelgazar-peso-5326154/

Comida chatarra (Imagen creada por Biorender y Canva).

requisitos que deben de tener los alimentos para entrar en este selecto grupo. Por ejemplo, deben tener la capacidad de hacernos sentir mejor, o ayudarnos a evitar un resfriado, o protegernos de un infarto, o subir de peso, todo esto de manera segura para quienes los consumen. Entonces, al englobar todas estas características, podemos definir a los **alimentos funcionales** como alimentos que, además de aportarnos nutrientes como proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales, **pueden mejorar la salud y prevenir enfermedades sin causar daño al consumirlos.**

Se sabe que estos alimentos **impactan a nuestra salud de diversas maneras,** gracias a que contienen ciertas moléculas especiales con la grandiosa capacidad de llegar a nuestro cerebro y tener **efectos tan positivos como ayudarnos a dormir, mejorar los niveles de ansiedad o depresión y mejorar nuestra capacidad de aprender.** Dentro de estas moléculas especiales, existen algunas cuya región predilecta en el cerebro, es el hipotálamo. Cuando llegan a este centro de mando, las moléculas especiales **inhiben el apetito;** además, a través de unas fibras nerviosas que salen del hipotálamo y que se conectan con el tejido adiposo, **promueven la quema de la grasa acumulada,** evitando la ganancia de peso, coloquialmente hablando, «engordar». Algo muy importante de lo anterior, es que estas moléculas especiales queman la grasa aun cuando esta proviene de las calorías de la comida chatarra.

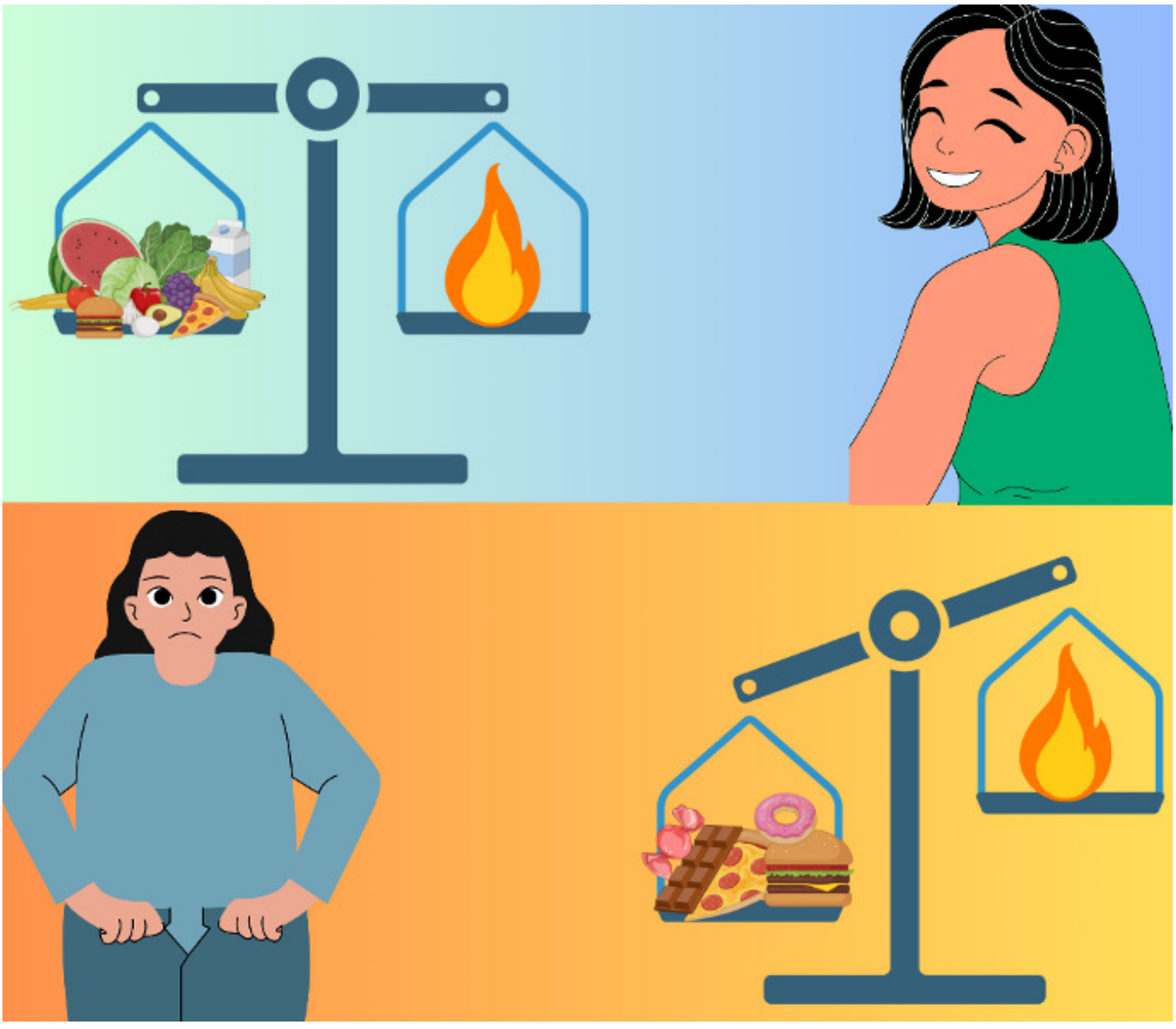
El hipotálamo y la obesidad

En años recientes, los investigadores se han dado a la tarea de estudiar con mucho detalle el hipotálamo, debido a su gran importancia en la obesidad, es decir, su relación con el aumento o la pérdida de peso. **El hipotálamo** es una pequeñita zona del cerebro que **pesa entre cinco y ocho gramos, y representa el 0.3 % del volumen total del cerebro de un adulto.** Aun cuando puede sonar insignificante en tamaño, el hipotálamo es asombrosamente poderoso y sus funciones son cruciales para la

vida, pues regula el ritmo cardiaco, la temperatura corporal y el balance energético, muy relacionado con la obesidad.

En investigaciones que se han realizado, se ha descubierto que los compuestos provenientes de **alimentos funcionales** son **capaces de decidir cuánta comida debemos ingerir.** Pero también, regula el gasto de la energía que obtenemos con la ingesta de alimentos; las señales que llegan al hipotálamo llevan a afinar el balance energético. Pero, **¿qué es el balance energético?** Imaginémonos una balanza, como la que porta la diosa romana *Iustitia* (Justicia); en un lado ponemos toda la comida que ingerimos en un día y del otro lado ponemos toda la energía que necesitamos para las funciones vitales, como respirar o movernos. Esta delicada balanza **estará en equilibrio cuando lo ingerido es igual a lo gastado;** no obstante, si comemos en exceso, la balanza se rendirá hacia un lado (mayor peso) y el resultado será la ganancia de peso y, con el tiempo, obesidad. Por el contrario, si dejamos de comer y seguimos llevando a cabo nuestras actividades normalmente, lo que sucederá será que la balanza se inclinará al lado de mayor energía, bajaremos de peso y, si esta situación persiste, posiblemente se llegará a la enfermedad.

Este fino balance en el hipotálamo se ha estudiado intensamente, encontrando que puede ser reparado, cuando está alterado por la obesidad, por diversos compuestos provenientes de nuestros alimentos. Surge la pregunta: ¿Qué hacen estos alimentos para reparar el balance y revertir la obesidad?



Balance energético: alimento ingerido y energía gastada (Imagen creada por Biorender y Canva).

¡La investigación ha dado respuesta!

A través de estudios experimentales se ha demostrado que compuestos de tipo **flavonoide,** como el kaempferol, **llegan al hipotálamo para reparar los daños de la comida chatarra.** Primero desinflaman el hipotálamo, luego reparan el balance energético y, finalmente, promueven la pérdida de peso corporal. Otros compuestos como el **ácido oleanólico y la nomilina,** provenientes del aceite de oliva y de cítricos, respectivamente, también surten los mismos efectos en el hipotálamo, haciendo **perder peso.** Esto se explica porque el aceite de oliva y el limón son aliados históricos contra la obesidad.

Todavía se están estudiando estos grandiosos alimentos, sus componentes y cómo actúan en el cuerpo humano, por lo que muchas sorpresas fabulosas están por llegar. Lo que parecía un sueño, cada día está más cerca de hacerse realidad.

¿Te imaginas poder comer todo lo que te apetece sin subir de peso? La respuesta a esta pregunta sería **¡SÍ!,** siempre y cuando consumamos fuentes de moléculas especiales provenientes de los alimentos funcionales.

Jankiewicz A.C., Guzmán O. y Cota D. (2019). El origen de la obesidad: ¿Está todo en el cerebro? *Ciencia* (Academia Mexicana de Ciencias), *70*, 1-4. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/online/X1_70_2_1198_Obesidad.pdf

Meléndez-Sosa M.F., García-Barrales A.M., Ventura-García N.A. (2020). Perspectivas e impacto en la salud del consumo de los alimentos funcionales y nutracéuticos en México. *RD-ICUAP BUAP, 16,* 114-136. http://www.apps.buap.mx/ojs3/index.php/rdicuap/article/download/1745/1331

Romero-Juárez P. y Guzmán O. (2022). Fitoquímicos bioactivos en el control de la obesidad. *Saber Más. Revista de Divulgación*, (63). https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/562-numero-63/1107-fitoquimicos-bioactivos-en-el-control-de-la-obesidad.html

ARTÍCULO

¿Cómo los mensajeros químicos moldean nuestra mente?

Angélica Roque y Esperanza Meléndez-Herrera

https://pixabay.com/es/illustrations/ai-generado-cerebro-mente-7986809/

Resumen

¿Te has preguntado qué te hace ser quien eres? La respuesta está en la química de tu cerebro, que nos hace únicos y diferentes. En nuestro cerebro, millones de células se comunican entre sí y con el resto del cuerpo a través de mensajeros químicos, los que se producen a partir de los nutrientes que obtenemos de la alimentación. Las hormonas, lípidos, iones, proteínas y carbohidratos forman parte de estos mensajeros, que codifican información para cada célula cerebral. Pero, el entorno también juega un papel clave, con la generación de cambios en nuestro cerebro, conocido como neuroplasticidad, la cual se activa a través de señales que estimulan las células, permitiendo almacenar y utilizar información. La producción de ciertos químicos, como las endorfinas, la serotonina y la dopamina, es la responsable de generar sensaciones de bienestar y buen humor.

Palabras clave: Alimentación, comunicación cerebral, neuroplasticidad.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 28/11/2024; PUBLICADO 14/02/2025

Angélica Roque. Investigadora postdoctoral, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
roque_galicia@yahoo.com

Esperanza Meléndez-Herrera. Profesora e investigadora del Laboratorio de Ecofisiología Animal, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
emelendez@umich.mx

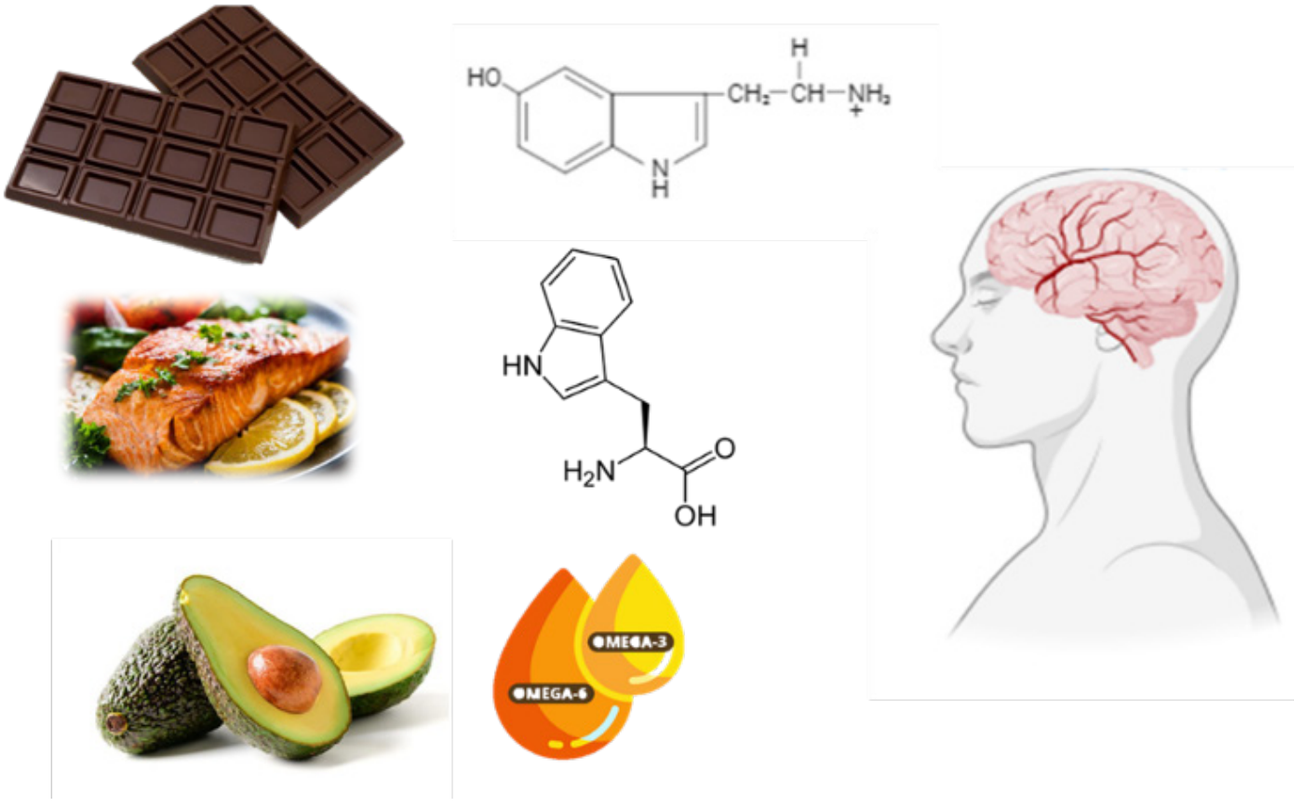
El **cerebro** es el más informado de los órganos, ya que **recibe toda la información del mundo interior y del exterior** a través de mensajeros especializados. Cuando pensamos en mensajes ocultos o codificados, imaginamos garabatos o caracteres especiales dirigidos a alguien en particular; de manera similar, nuestro cerebro trabaja con una lógica comparable. Al hablar del cerebro, pensamos en **neuronas y en una red compleja de conexiones,** como un circuito que se enciende y apaga, parecido a las luces navideñas. En esta red, **participan moléculas que transportan mensajes a diferentes partes** de nuestro cerebro y cuerpo.

La **«química cerebral»** se refiere al estudio de las **sustancias químicas** que se encuentran en el cerebro y que desempeñan un papel crucial en la **regulación de diversas funciones neurobiológicas.** Las moléculas que forman parte de nuestra química cerebral son los **neurotransmisores, las hormonas, los iones, los carbohidratos, los lípidos y las proteínas**. Todos estos participantes nos hacen quienes somos. Seguramente hemos escuchado varias veces la frase: «eres lo que comes» y en este sentido es real.

Interacción entre nutrición y química cerebral

Los **neurotransmisores** son las moléculas típicas **asociadas a la comunicación neuronal;** sin embargo, hay que resaltar la **importancia de otras moléculas** como son **los carbohidratos y los lípidos** que forman parte de la estructura de las células. **La glucosa** es un azúcar **fundamental para el metabolismo** y el cerebro consume más que cualquier otro órgano, **utilizando alrededor del 20 % del total.** La glucosa la podemos obtener de varios alimentos como las frutas (fructosa), la leche (lactosa) y el azúcar de mesa (sacarosa), entre otros. **Los lípidos** o grasas que consumimos, son utilizados para ser parte de las membranas celulares, o ser transformados en ácidos grasos de cadena corta (DHA) que pueden **estimular a varias neuronas o producir hormonas** que tienen también una amplia cantidad de efectos, desde el crecimiento, el apetito, el sueño y la reproducción.

Varias hormonas son de origen lipídico, como los **estrógenos** que, como sabemos, están **relacionados con la maduración de órganos reproductivos.** Adicionalmente, se sabe que estos pueden tener efectos neuroprotectores en el cerebro, ante



Los alimentos son una fuente de precursores para los mensajeros químicos, desde los ácidos grasos y el aminoácido triptófano, entre otros.

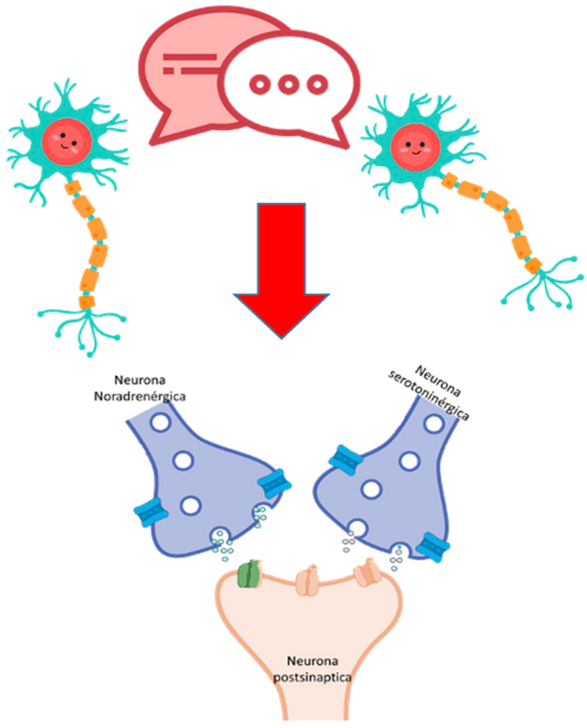
factores nocivos como el estrés. Por esta razón, se propone que la respuesta del estrés es diferente entre hombres y mujeres, aunque estos resultados, todavía no son muy claros y se siguen estudiando. Lo que sí es importante, y no hay que perder de vista, es que **una adecuada nutrición es clave para promover un ambiente cerebral adecuado.**

La comunicación neuronal y la plasticidad sináptica

Como se mencionó anteriormente, **muchas moléculas** simples que obtenemos de los alimentos **son utilizadas por nuestro cuerpo como materia prima para producir moléculas más grandes y complejas.** Algunas de estas moléculas, como los neurotransmisores, dopamina y serotonina, están **involucradas en la regulación de los estados de ánimo.** Estas moléculas se producen en estructuras cerebrales como la sustancia negra y la amígdala, y luego viajan en vesículas a través de los axones hacia los sitios donde serán liberadas. Durante su trayecto por los axones, los neurotransmisores necesitan de la contribución de proteínas, como la sinaptofisina y la sinaptotagmina, entre otras, para llegar a su destino. Una vez ahí, son vertidos al espacio sináptico, donde los receptores de las células postsinápticas continuarán transmitiendo el mensaje. **Este proceso ocurre en cada momento de nuestra vida**, incluso ahora, y se llevan a cabo millones de sinapsis que están siendo estimuladas por todo lo que nos rodea.

Muchos de estos estímulos ambientales son tan fuertes que pueden producir un remodelamiento de las sinapsis, quedando guardados como un recuerdo en alguna parte de las neuronas en estructuras como el hipocampo, la amígdala y la corteza. **Los procesos de estimulación sensorial son cruciales** porque refuerzan la **información que debe conservarse,** mientras que los **estímulos que no son importantes son descartados** y, por lo tanto, olvidados.

Es por eso que, cuando comes algo que no te gustó o que te hizo daño, las neuronas en tu cerebro te dicen que no lo debes volver a consumir, mientras que las actividades que te hacen sentir bien o mantenerte a salvo, te hacen repetirlas. Como te habrás dado cuenta, en nuestro cerebro **los mensajeros químicos** de todos los estilos juegan un papel **importante en la comunicación neuronal y promueven la plasticidad,** facilitando la adaptación.

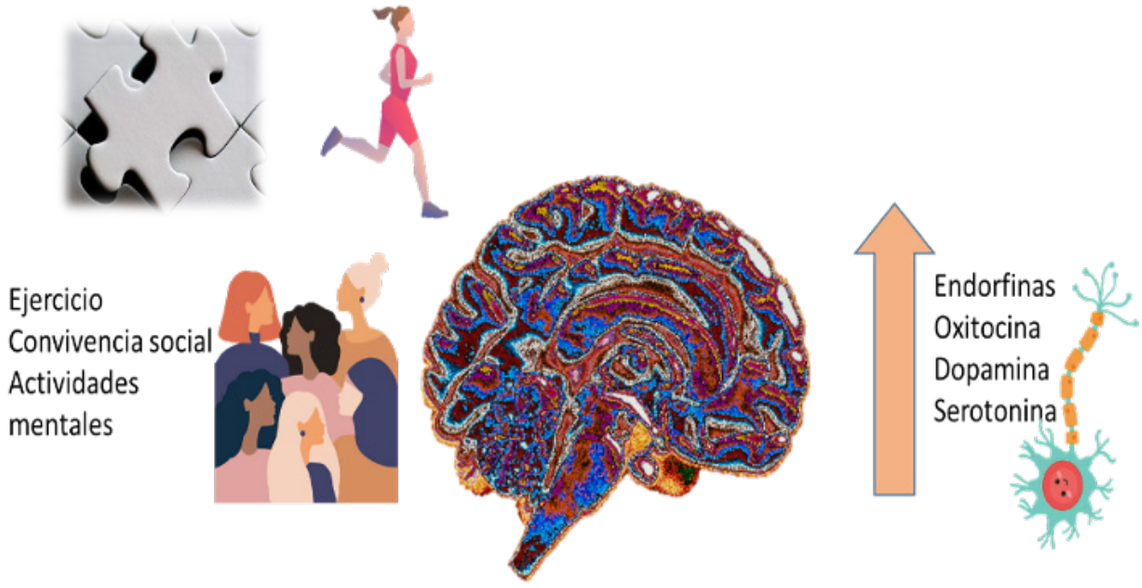


La comunicación neuronal es mediante mensajeros químicos que son transportados en vesículas hasta la siguiente célula.

Impacto del estrés y los factores ambientales

Si bien es cierto que los mensajeros químicos están íntimamente involucrados en la comunicación neuronal, también **los factores ambientales pueden modificar la manera en que se encuentran distribuidos**. Por ejemplo, cuando hace frío, el termostato que se encuentra en nuestro hipotálamo envía mensajeros a varias áreas corporales para quemar carbohidratos y generar calor. Al mismo tiempo, los mensajeros químicos llegan a la corteza prefrontal, donde se toma la decisión de buscar refugio o abrigo para conservar el calor. Esto es esencial, ya que, si estamos usando nuestras reservas de energía, en algún momento pueden agotarse y poner en riesgo al sistema.

Si el organismo detecta que se encuentra en un riesgo potencial, se activa la respuesta al estrés. Esta respuesta desencadena **cambios a nivel fisiológico** (movilización de fuentes de energía, sudoración y la secreción de catecolaminas) y culmina con una **respuesta conductual** (correr, quedarse quieto, llorar o enojarse). Durante nuestra vida, hemos escuchado que el **estrés** es algo malo; sin embargo, es una **fuerza adaptativa que nos ha llevado a**



Las actividades como el ejercicio físico y mental, así como la convivencia social, inducen un estado de bienestar en el cerebro y liberan mensajeros químicos como las endorfinas, los neurotransmisores y las hormonas.

llegar hasta donde estamos. Lo cierto es que esta respuesta al estrés está diseñada para ser transitoria, es decir, activarse en el momento de la amenaza o emergencia y apagarse cuando ha pasado el evento amenazante. Cuando la **respuesta al estrés se mantiene activa por mucho tiempo,** nuestro cuerpo se puede agotar, nuestras reservas energéticas pueden terminarse y **la sobreactividad de las células puede conducirlas a la muerte.**

Los mensajeros químicos generados en la respuesta al estrés, como los **glucocorticoides,** desempeñan múltiples actividades en el organismo. Estas moléculas **activan a nuestro cuerpo para comenzar el día** y movilizan fuentes de energía para **sobrevivir la emergencia de manera transitoria.** Cuando no hay un adecuado control para apagar esta respuesta al estrés, los glucocorticoides se vuelven tóxicos y llegan a desencadenar la muerte en las neuronas.

Por otro lado, **actividades como el ejercicio físico y mental,** así como la **convivencia social,** pueden **estimular la plasticidad cerebral y producir moléculas** como **endorfinas, oxitocina, dopamina y serotonina.** Estas moléculas hacen que nuestro entorno cerebral tenga equilibrio y se refleje como una conducta de bienestar. Adicionalmente, es **esencial tener una alimentación adecuada** para obtener la materia prima para producir los mensajeros químicos necesarios que nuestro cerebro y cuerpo necesitan.

sabermás

Duval F., González F. y Hassen R. (2010). Neurobiología del estrés. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatría, 48*(4), 307-318. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92272010000500006

Meaney M.J., Tannenbaum B., Francis D., Bhatnagar S., Shanks N., Viau V., O'Donnell D. y Plotsky P.M. (1994). Early environmental programming hypothalamic-pituitary-adrenal responses to stress. *Seminars in Neuroscience, 6*(4), 247-259. https://doi.org/10.1006/smns.1994.1032

Zamora-Navarro S. y Pérez-Llamas F. (2013). Importancia de la sacarosa en las funciones cognitivas: conocimiento y comportamiento. *Nutrición Hospitalaria, 28*(Supl. 4), 106-111. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013001000013&lng=es&tlng=es

ARTÍCULO

Nutracéuticos: Una herramienta prometedora contra la neurodegeneración

Daniel Godínez-Hernández y Asdrúbal Aguilera-Méndez

https://pixabay.com/es/photos/verduras-frutas-nuevo-produce-5907330/

Daniel Godínez-Hernández. Profesor e Investigador del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
daniel.godinez@umich.mx

Asdrúbal Aguilera-Méndez. Profesor e Investigador del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
amendez@umich.mx

Resumen
Es común escuchar que, al envejecer, muchas personas desarrollan «demencia senil». Sin embargo, cada vez es más frecuente que personas más jóvenes también enfrenten enfermedades neurodegenerativas, como Alzheimer, Parkinson, esclerosis múltiple, Huntington o demencia vascular, entre otras. Actualmente, estas enfermedades no tienen cura, son de larga duración y los medicamentos disponibles suelen ser costosos y con efectos secundarios significativos. Esto hace que sea crucial buscar alternativas naturales para su prevención y tratamiento. Una opción prometedora son los nutracéuticos, nutrientes presentes en los alimentos que ofrecen beneficios para la salud. Diversos estudios han demostrado que los nutracéuticos pueden ser eficaces en el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas, incluidas las neurodegenerativas. Además, destacan por ser de bajo costo, tener pocos o nulos efectos secundarios y presentar un gran potencial de éxito en la mejora de la calidad de vida.

Palabras Clave: Enfermedades neurodegenerativas, envejecimiento, nutracéuticos.

RECIBIDO: 11/11/2024; ACEPTADO: 21/01/2025; PUBLICADO: 14/02/2025

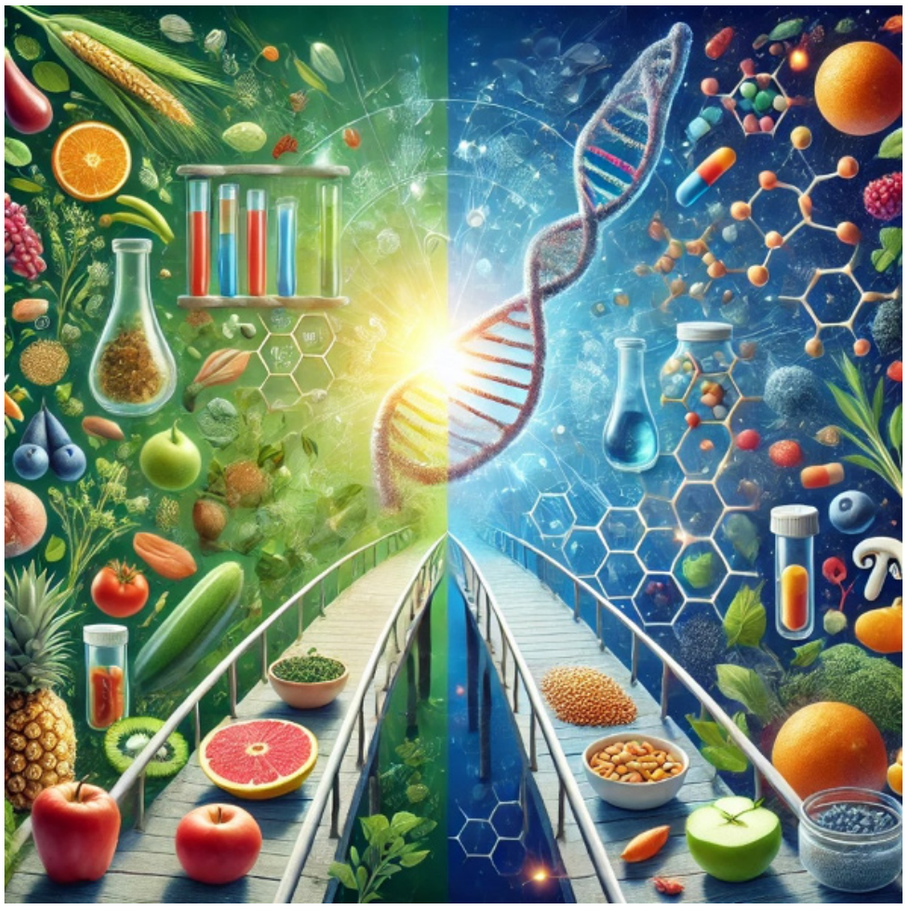
Actualmente, **más de tres mil millones de personas viven con alguna afección neurológica**, siendo las **enfermedades neurodegenerativas** una de las **principales causas de discapacidad y muerte prematura.** Desde 1990, su carga global ha incrementado un 18 %, impulsada por el envejecimiento poblacional y el aumento en la esperanza de vida. En la actualidad, **las opciones terapéuticas son muy limitadas** para la mayoría de los trastornos neurodegenerativos y **no existe cura para ninguno de ellos.** Además, con el tiempo y con la administración repetida, **se presenta cierta resistencia a los fármacos,** por lo que se debe usar más de uno para una misma enfermedad, lo que hace que los efectos secundarios se incrementen. **Una alternativa prometedora es el uso de nutracéuticos** que, al ser nutrientes que se encuentran en los alimentos y al ser administrados en forma de píldoras y en dosis superiores a la existente en ellos, tienen un efecto favorable en la salud y su costo es menor a la mayoría de los fármacos.

Nutracéuticos: El poder oculto de los alimentos

El nombre de **nutracéutico** proviene de la fusión de las palabras «nutrición» y «farmacéutico». Son **compuestos naturales presentes en los alimentos que ofrecen beneficios para la salud, más allá de solo nutrir.** Estos se presentan en formatos no alimenticios, como píldoras, cápsulas o polvos, para facilitar su consumo y aprovechar sus propiedades terapéuticas. Actúan como un **puente entre la comida y la medicina,** ayudando a prevenir o tratar enfermedades. Esto fue planteado hace más de 2500 años por **Hipócrates**, en la frase: **«Deja que la comida sea tu medicina, y la medicina sea tu comida».**

Son **ejemplos de nutracéuticos** las **vitaminas, fibra dietética, carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales, antioxidantes, prebióticos, probióticos, etc**. Los nutracéuticos han transformado la forma en que entendemos los alimentos y su relación con la salud. Ahora no solo se evalúan los macronutrientes (proteínas, carbohidratos y grasas) y micronutrientes (vitaminas y minerales) que contienen, sino también otros compuestos bioactivos (antioxidantes, polifenoles, etc.) con efectos beneficiosos. Estos componentes **pueden ayudar a prevenir enfermedades, mejorar tratamientos** y, en algunos casos, reducir el riesgo de muerte. **La nutrición,** más que solo alimentarnos, **se convier-**

https://pixabay.com/es/photos/fresas-galleta-galletas-t%C3%A9-beber-2563395/



te en una herramienta clave para cuidar nuestra salud.

Existen diversos estudios, en personas y en animales, que han comprobado los **beneficios del uso de nutracéuticos en enfermedades de larga duración e incurables,** como enfermedades **crónico-degenerativas** (diabetes, hipertensión, osteoporosis, ateroesclerosis, cáncer, neurodegenerativas, etc.). Se ha demostrado que estos nutracéuticos tienen efectos **restableciendo el equilibrio metabólico,** al activar las redes de comunicación dentro de las células (vías de señalización), las cuales permiten a las células detectar señales, como hormonas, nutrientes o estímulos del entorno y responder adecuadamente. Estas señales comienzan una serie de reacciones en cadena que llevan a la célula a realizar una acción específica, como crecer, dividirse, moverse o producir una molécula.

Enfermedades neurodegenerativas

Las **enfermedades neurodegenerativas** son un grupo heterogéneo de trastornos que se caracterizan por la **pérdida progresiva de poblaciones de neuronas,** es decir, la degeneración progresiva de las neuronas en áreas concretas del cerebro y/o en otras partes del sistema nervioso central o periférico. Los trastornos neurodegenerativos afectan algunos de los principales procesos funcionales, lo que **conduce a una disfunción neuronal gradual y a la muerte.**

Generalmente, **las enfermedades neurodegenerativas se distinguen entre sí por los grupos neuronales o áreas cerebrales que se ven afectados** dentro de cada enfermedad, produciendo síntomas particulares para cada condición patológica y evoluciones diferentes. Sin embargo, en algunos pacientes, las enfermedades neurodegenerativas se manifiestan clínicamente puras, mientras que en otros se observan características clínicas mixtas. No obstante, **algunas enfermedades neurodegenerativas comparten rasgos,** tanto de sintomatología clínica como de alteraciones neuropatológicas, **lo que dificulta la identificación precisa del diagnóstico.**

Actualmente, **no disponemos de herramientas diagnósticas capaces de identificar de forma precisa la mayoría de las enfermedades neurodegenerativas** que pueden causar diferentes combinaciones de problemas cognitivos y motores. No se pone en duda todo el potencial de la genética, la historia clínica, los exámenes físicos y neurológicos, así como de las pruebas de diagnóstico por imagen, además de la identificación de biomarcadores moleculares que está en crecimiento constante; sin embargo, este «arsenal diagnóstico» puede ser insuficiente en algunos casos.

Las **enfermedades neurodegenerativas se pueden clasificar según las características clínicas primarias** (p. ej., demencia, parkinsonismo o enfermedad de la neurona motora), **distribución**

CLASIFICACIÓN DE ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS

Enfermedad	Síntomas	Tratamiento
Enfermedades Parkinsonianas **Ejemplo: Enfermedad de Parkinson**	Temblor, rigidez, bradicinesia, problemas de equilibrio y alteraciones del habla.	Medicamentos como levodopa y agonistas dopaminérgicos, terapia ocupacional y fisioterapia.
Enfermedades Asociadas con la Demencia **Ejemplo: Enfermedad de Alzheimer y Demencia Frontotemporal**	Pérdida de memoria, confusión, cambios de comportamiento, dificultad para comunicarse.	Inhibidores de la colinesterasa (como donepezilo) y memantina para Alzheimer; apoyo psicológico y terapia cognitiva.
Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA)	Debilidad muscular progresiva, dificultad para hablar y tragar, afectación respiratoria.	Riluzol y edaravona, así como terapia de soporte respiratorio y nutricional.
Esclerosis Múltiple	Fatiga, debilidad muscular, problemas de coordinación, dificultades visuales y alteraciones cognitivas.	Medicamentos inmunomoduladores, terapia física y tratamiento de síntomas como espasticidad y fatiga.
Trastornos del Movimiento **Ejemplo: Corea de Huntington**	Movimientos involuntarios, cambios en la personalidad y el estado de ánimo, deterioro cognitivo.	Medicamentos para controlar síntomas como antidepresivos y antipsicóticos; apoyo psicoterapéutico.
Ataxias Espinocerebelosas	Problemas de coordinación, balance y movimientos, así como debilidad muscular.	Manejo sintomático y terapia física.

anatómica de la neurodegeneración (p. ej., degeneraciones frontotemporales, trastornos extrapiramidales o degeneraciones espinocerebelosas) o **anomalía molecular**, principal.

A continuación, se presenta una clasificación general, junto con ejemplos de enfermedades, síntomas y tratamientos.

Además del diagnóstico preciso, las enfermedades neurodegenerativas requieren de tratamientos igualmente precisos. **Las enfermedades neurodegenerativas son complejas y demandan un enfoque individualizado** para el tratamiento y el manejo de los síntomas.

Tomando en cuenta que de las enfermedades neurodegenerativas no son curables y que la búsqueda de la cura puede considerarse como el objetivo principal de la terapéutica, **la atención de los síntomas se convierte en un objetivo principal,** así como el detener la evolución de la enfermedad. Los mejores resultados se logran con la aplicación de estrategias con diferentes enfoques, es decir, un **tratamiento multidisciplinario** que incluye: tratamiento farmacológico de los síntomas y manifestaciones clínicas, apoyo psicológico, terapia ocupacional, fisioterapia, etc., dependiendo de la enfermedad en cuestión.

En cuanto al **tratamiento farmacológico,** este es **costoso,** además de ser limitado en alternativas en el caso de que el paciente presente respuestas deficientes al fármaco de elección; asimismo, **se pueden presentar efectos adversos exacerbados** dependientes del fármaco y/o de las dosis empleadas y pérdida del efecto; a la par, que el tratamiento no sea la cura ni puede detener la evolución de la

enfermedad, hace que el **tratamiento farmacológico sea un campo de oportunidades para la investigación** y, en este contexto, los nutracéuticos alcanzan una importancia mayúscula.

Nutracéuticos en el tratamiento y prevención de enfermedades neurodegenerativas

Los **nutracéuticos** están ganando atención como una **opción prometedora para ayudar en la prevención y tratamiento de enfermedades neurodegenerativas** como el Alzheimer, el Parkinson y la esclerosis múltiple. Sin embargo, es importante destacar que no son un sustituto de tratamientos médicos convencionales.

Estos compuestos naturales, presentes en alimentos como frutas, yogures, tés, vegetales, semillas y pescado azul (salmón), **tienen propiedades que pueden proteger las neuronas, reducir la inflamación y combatir el estrés oxidativo**, factores clave en el desarrollo de estas enfermedades. Algunos ejemplos de nutracéuticos son:

Omega-3: Presente en pescados, principalmente el salmón, ayuda en la comunicación de las células del cerebro (sinapsis neuronal), prolonga su vida y mejoran la plasticidad neuronal (adaptarse a nuevos entornos o reprogramar su función en respuesta a estímulos fisiológicos o patológicos), lo que es esencial para el aprendizaje y la memoria.

Antioxidantes: Como los encontrados en frutas y vegetales, ayudan a combatir los daños causados por el envejecimiento, el estrés oxidativo y disminuyen la inflamación.

Polifenoles: Presentes en el té verde, cacao y uvas, favorecen la formación de nuevas neuronas y de la barrera hematoenfálica (es una estructura protectora que separa la sangre del cerebro) y mejoran el flujo sanguíneo cerebral.

Vitaminas del complejo B: encontrados en pescados, tés, son importantes para el mantenimiento de la función nerviosa al ayudar en la producción de energía, síntesis de neurotransmisores (moléculas que ayudan en la comunicación neuro-

nal), regulan el estado de ánimo y ayudan a la concentración y memoria.

Aunque no sustituyen los tratamientos médicos, los nutracéuticos pueden complementar la dieta, ayudando a **retrasar la progresión de enfermedades neurodegenerativas o mejorar la calidad de vida de los pacientes.** Su bajo costo y mínimos efectos secundarios los convierten en una alternativa accesible y segura. **Sin embargo, siempre es importante consultar a un especialista** antes de incluirlos como parte de un plan de prevención o tratamiento, ya que los nutracéuticos contienen varios ingredientes activos que tienen más posibilidades de interactuar entre sí en comparación con los medicamentos recetados. La razón es que no se conocen del todo los componentes activos de estos productos ni la cantidad exacta que se debe utilizar.

La importancia de las alternativas para la prevención y tratamiento

Las enfermedades neurodegenerativas son una variedad amplia de enfermedades crónicas, no tienen cura, son de larga duración y los medicamentos disponibles suelen ser costosos y con efectos secundarios significativos. Esto hace que sea crucial buscar alternativas para su prevención y tratamiento. En este contexto, una opción prometedora son los nutracéuticos, nutrientes presentes en los alimentos que han demostrado que pueden ser eficaces en el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas, incluidas las neurodegenerativas. Además, destacan por ser de bajo costo, tener pocos o nulos efectos secundarios y presentar un gran potencial de éxito en la mejora de la calidad de vida.

Biruete-Guzmán A., Juárez-Hernández E., Romero-Viruegas R. y Silencio-Barrita J.L. (2009). Los nutracéuticos. Lo que es conveniente saber. *Revista Mexicana de Pediatría, 76*(3), 136-145. https://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2009/sp093h.pdf

Fundación Pasqual Maragall. (2021). ¿Qué son las enfermedades neurodegenerativas? https://blog.fpmaragall.org/enfermedades-neurodegenerativas

Rojas S., Lopera J.S., Uribe A., Correa S., Perilla N. y Marín J.S. (2015). Consumo de nutracéuticos, una alternativa en la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles. *Revista Biosalud, 14*(2), 91-103. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95502015000200009

ARTÍCULO

Aventurarse en lo incierto. Cómo el control cognitivo mejora nuestras decisiones

Sarahí del Carmen Manríquez-Calderón y Erwin Rogelio Villuendas-González

https://pixabay.com/es/photos/chico-pensando-pensativo-2074662/

Sarahí del Carmen Manríquez-Calderón. Maestra en Psicología, Facultad de Psicología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
sarahi.manriquez.calderon@umich.mx

Erwin Rogelio Villuendas-González. Profesor e Investigador, Facultad de Psicología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
erwin.villuendas@umich.mx

Resumen
Las personas procesamos una gran cantidad de estímulos todo el tiempo, algunos provienen del entorno y otros surgen del interior de nosotros. Para impedir que una cantidad ilimitada de información general llegue a nuestra consciencia y que el cerebro sufra una sobrecarga, requerimos de un mecanismo que controle las operaciones mentales. Este mecanismo se denomina control cognitivo. A nivel conductual, este proceso cognitivo se puede evaluar con distintas pruebas diseñadas para que los participantes resuelvan un conflicto y, gracias a la tecnología actual, podemos observar las áreas de nuestro cerebro involucradas en la organización del comportamiento.
Palabras clave: Atención, control cognitivo, incertidumbre, toma de decisiones.

RECIBIDO: 26/06/2024; ACEPTADO: 28/10/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

¡Imagina que te despiertas en un planeta nuevo! Todo lo que te rodea es nuevo. Los olores, los colores, los sonidos, las cosas que se mueven, y en una de esas también los sabores (si eres lo suficientemente aventurado). Ese alud de información te abrumaría y no sabrías qué atender, porque tal vez un sonido o algo que ves, represente una amenaza. Esto no es muy diferente de lo que nos ocurre todos los días. **Los seres humanos,** y en cierta manera todos los seres vivos que cuenten con sistemas sensoriales, **procesamos una gran cantidad de estímulos todo el tiempo.** La diferencia entre sobrevivir en ese mundo nuevo y sobrevivir en el de todos los días, está en que **nuestra experiencia nos permite saber qué es importante y qué no**. Algunos de estos estímulos provienen del entorno y llegan **a través de los sentidos** (se denominan **exógenos**), otros, como las ideas o los pensamientos, surgen **del interior de la persona** (se denominan **endógenos**).

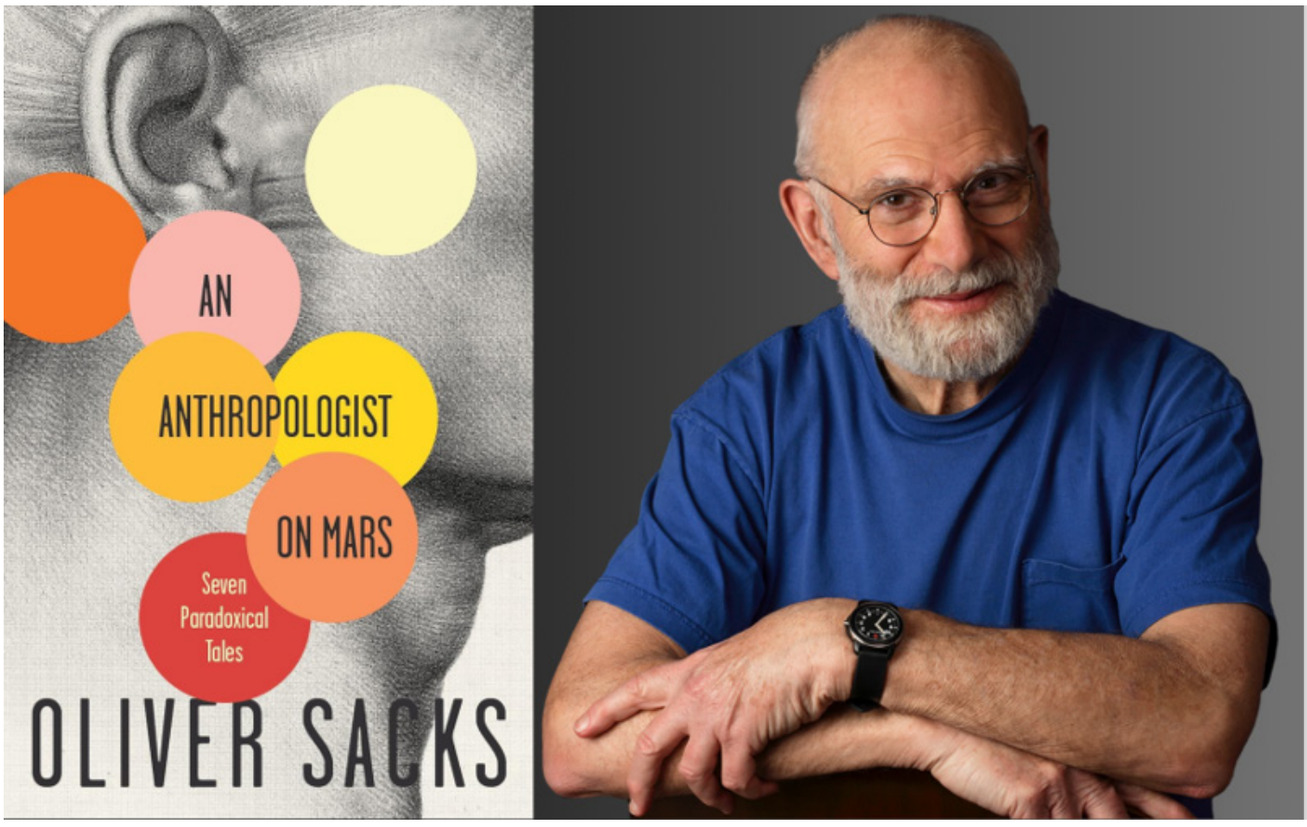
Como forma de **adaptación** y para que nuestro procesamiento sea eficiente, se requiere de una selección que nos permita **identificar y filtrar los estímulos que necesitamos que lleguen a la conciencia.** Si perdiéramos esa capacidad, posiblemente los canales sensoriales estarían saturados y cada una de las sensaciones agudizadas, nuestros sentidos transmitirían cualquier información, fuera o no relevante, y el solo hecho de iniciar el día sería desgastante y caótico. Esto, aunque parezca fuera de toda realidad, hace algunos años lo ejemplificó maravillosamente el neurólogo y escritor Oliver Sacks en su libro *Un Antropólogo en Marte*, a partir del testimonio de Temple Grandin, una de sus pacientes con autismo.

Entonces, ¿cómo decidimos qué información procesar y cuál no?

En los **años 50,** Donald Broadbent (1957) propuso un modelo según el cual solo la información relevante alcanza un nivel de atención focalizada. Esto se logra a partir de **filtros atencionales que seleccionan la parte apropiada de la información** recibida que se necesite, **excluyendo la restante;** en otras palabras, los estímulos poco importantes para realizar una tarea simplemente no se procesan (una especie de embudo en tu cabeza).

Sin embargo, este modelo **no pudo explicar por qué la infor-**

Imagen creada con asistencia de DALL-E 3.



A la izquierda, libro Un Antropólogo en Marte (traducción de: An Anthropologist on Mars). A la derecha, Oliver Sacks. Foto: Elena Seibert en https://www.oliversacks.com

mación que en apariencia no es relevante, y en consecuencia debería recibir pocos recursos, **en realidad no se excluye por completo y sí se procesa a un nivel profundo.** Más tarde se comprendió que nuestro cerebro, a través de una organización jerárquica, elige los estímulos relevantes y, al mismo tiempo, analiza la relevancia conductual del resto de la información para finalmente completar su procesamiento.

En los años que siguieron, **Ulric Neisser (1975) propuso que las personas son quienes seleccionan la información que consideran pertinente en función de sus experiencias** previas, así como de sus expectativas y esquemas actuales; los estímulos o pensamientos incompatibles con esos esquemas no tienen acceso a la conciencia de las personas. **Existen esquemas innatos que permanecen activos** (como aquellos que orientan la atención hacia ruidos importantes, dolor o eventos ambientales repentinos) **y otros que se desarrollan a partir de la experiencia de las personas.** Pero, ¿de qué forma lo hacemos? ¿De cuál información necesitamos ser conscientes y cuántos recursos debemos asignarle?

Tomando en cuenta que la información se procesa a través de canales con capacidad limitada y que, además, debemos regular nuestras actividades equilibrando y ordenando toda la información disponible, **nuestro cerebro requiere de un mecanismo que seleccione y priorice de manera eficiente la información** que necesita acceder a la conciencia. **Este mecanismo se conoce como control cognitivo (CC).**

¿Qué es el control cognitivo?

El **control cognitivo,** como prácticamente todos los comportamientos, **está moldeado por la experiencia.** Por ejemplo, una persona no nace sabiendo cómo actuar durante la cena en un restaurante (pregúntale a una familia que lleva niños); es la experiencia la que nos brinda expectativas sobre la información sensorial importante que requiere atención (leer el menú), acciones apropiadas (de qué forma llamar al mesero) o consecuencias esperadas (pagar la cuenta). Dicho conocimiento o experiencia, activa distintos cir-

cuitos neuronales que extraen las **características relevantes de nuestras experiencias para ser utilizadas posteriormente ante situaciones similares,** es decir, cuando regresamos a un restaurante.

Considerando que recibimos información todo el tiempo, es necesario que seamos eficientes monitoreando estímulos y evitando la pérdida de señales críticas. Sin embargo, para impedir que una cantidad ilimitada de información general llegue a nuestra consciencia y que el cerebro sufra una sobrecarga, debemos recurrir a dos mecanismos principales: **1) Generar respuestas automáticas constantemente** (p. ej. cambiar la velocidad del auto mientras manejamos), y **2) Detectar y resolver conflictos para facilitar la toma de decisiones.**

Cuando una persona tiene que inhibir o bloquear respuestas, llevar a cabo un cambio de tareas o justo en el momento en el que tiene que seleccionar una respuesta, difícilmente estará segura al 100 % de la opción elegida; **la toma de decisiones siempre tiene lugar en condiciones de *incertidumbre.***

Esta incertidumbre, como se podrá deducir, es proporcional al número de respuestas en competencia entre las que se debe elegir: a mayor número de respuestas compitiendo, mayor incertidumbre.

El **control cognitivo es un sistema de capacidad limitada que utiliza distintas estrategias cognitivas relacionadas con la selección de estímulos.** Dado que solo se puede controlar un proceso sin la interferencia de otro, **los *sistemas atencionales*** (alerta, orientación y control ejecutivo) funcionan como **moduladores del control cognitivo, permitiendo que se cumplan los objetivos establecidos.** Estos procesos dependen de la actividad coordinada de grupos neuronales distribuidos en diferentes regiones del sistema nervioso central, y sirven al control cognitivo para reducir la incertidumbre, influyendo en el procesamiento de la información que accede a la conciencia, así como en las respuestas.

Por ejemplo, a nivel temporal, **la alerta nos permite anticipar la próxima información** que debemos procesar (estar preparados ante la inminente llegada de un estímulo), **la orientación selecciona la información más relevante** e importante que requiere ser procesada (dirigir nuestra atención al estímulo que nos importa, ignorando el resto de estímulos) y el **control ejecutivo ac-**

Imagen creada con asistencia de DALL-E 3.

En la tarea de Stroop los participantes deben responder denominando el color de la tinta, sin tomar en cuenta el nombre del color, es decir, la palabra. Imagen adaptada de la tarea diseñada por Stroop en 1935.

túa para sesgar la parte relevante de la tarea en las etapas de procesamiento y respuesta (elegir la respuesta correcta a pesar de que existan más estímulos en competencia).

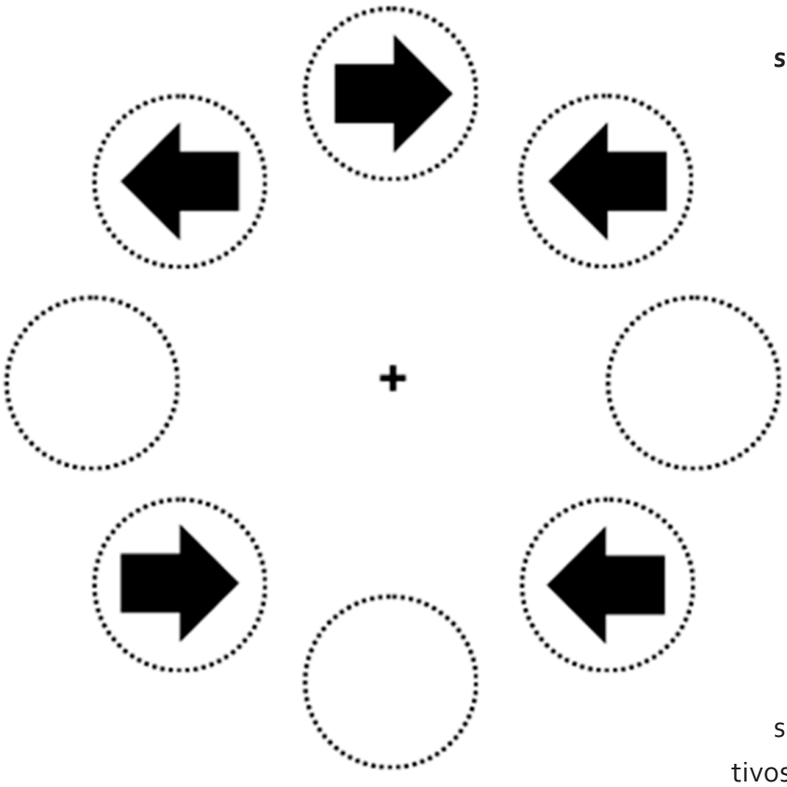
¿Es posible realizar una evaluación del control cognitivo?

A nivel conductual, **el control cognitivo se puede evaluar con distintas pruebas diseñadas para que los participantes resuelvan un conflicto.** Por ejemplo, en la tarea de **Stroop** (Stroop, 1935) se les muestra a los participantes una lista de palabras que son nombres de colores, escritas con una tinta de color distinto al nombre. Esta tarea es compleja debido a que las personas deben responder priorizando un proceso voluntario (denominación: responder cuál es el color de la tinta), suprimiendo, prácticamente al mismo tiempo, un proceso automático (lectura del nombre del color). Como estos estímulos participan en una especie de competencia, es necesario poner en marcha procesos de control (control cognitivo) que sean capaces de resolver este conflicto.

Otras investigaciones, especialmente las más recientes, también utilizan tareas como la **Backward Majority Function Task-Masked** (por sus siglas en inglés, MFT-M). En esta tarea, los participantes deben indicar con la mayor rapidez y precisión posible la dirección (izquierda o derecha) de la mayoría de las flechas presentadas en conjunto. Al procesar información en presencia de distractores irrelevantes para realizar una tarea específica, las personas deben filtrar activamente la información que distrae o inhibir las respuestas competitivas para implementar con precisión una respuesta; el desempeño eficiente en estas tareas se debe a la flexibilidad mental que permite el control cognitivo.

¿Se puede ver el control cognitivo en el cerebro?

Afortunadamente, sí. Desde hace algunas décadas, se han desarrollado técnicas de **neuroimagen estructural y funcional para estudiar la anatomía y el funcionamiento del cerebro.** Dichas técnicas permiten, entre otras cosas, relacionar la anatomía de las estructuras con los diferentes procesos cognitivos. En el **caso del control cognitivo, muchas investigaciones lo relacionan con la corteza prefrontal o áreas específicas de esta**, como la corteza cingulada anterior. Estas importantes estructuras trabajan de forma coordinada con otras que se ubican en partes más profundas de nuestro cerebro (como los ganglios basales), permitiéndonos sentir, percibir estímulos, así como preparar y ejecutar una conducta.



En la MFT-M los participantes deben indicar la dirección (izquierda o derecha) de la mayoría de las flechas presentadas en conjunto. Imagen adaptada de la tarea diseñada por Yu Chen y colaboradores en 2019.

Hay que investigar más sobre el control cognitivo

El **control cognitivo** es un **proceso de orden superior vinculado con la atención, la memoria, las funciones ejecutivas y la inteligencia.** Nos permite seleccionar los pensamientos y las acciones apropiadas para cumplir con determinados objetivos, lo cual necesitamos hacer todos los días. A pesar de que su estudio en neurociencias no es nuevo, en fechas recientes, distintas investigaciones están desarrollando modelos que intentan explicar su funcionamiento de forma más precisa a través de su relación con otros procesos cognitivos.

Finalmente, **es relevante seguir generando conocimiento** vinculado con este complejo proceso para: **1) Validar nuevos modelos sobre control cognitivo** que son capaces de explicar deficiencias en la coordinación de operaciones mentales, como resultado de un déficit funcional en áreas dentro de la red de control cognitivo, y **2) Desarrollar nuevas formas de evaluación** que beneficien a la neuropsicología y a otros campos de la psicología.

Fan J. (2014). An information theory account of cognitive control. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*, 680, 1-16. https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00680

Funes M. y Lupiáñez J. (2003). La teoría atencional de Posner: Una tarea para medir las funciones atencionales de Orientación, Alerta y Control Cognitivo y la interacción entre ellas.(2), 260-266. https://reunido.uniovi.es/index.php/PST/article/view/8117/7981

Sacks O. (1995). *Un antropólogo en Marte.* Barcelona: Anagrama. https://www.anagrama-ed.es/libro/compactos/un-antropologo-en-marte/9788433966889/CM_257

TECNOLOGÍA

Explorando las infecciones cerebrales

Omar Mar-Herrera y Néstor Casillas-Vega

https://pixabay.com/es/photos/lesi%C3%B3n-cerebral-traum%C3%A1tica-8499204/

Omar Mar-Herrera. Estudiante de la Licenciatura de Químico Clínico Biólogo, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, N.L.
omar.marh@uanl.edu.mx

Néstor Casillas-Vega. Profesor Titular e Investigador del Departamento de Patología Clínica, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo Léon. San Nicolás de los Garza, N.L.
ncasillasv@uanl.edu.mx

Resumen
Las infecciones del sistema nervioso central son un problema de salud pública grave, causadas por diversos patógenos como bacterias, virus, hongos y parásitos. Estas infecciones pueden manifestarse con síntomas como fiebre, dolor de cabeza, náuseas, vómitos y alteraciones del estado mental. El diagnóstico se basa en la evaluación clínica, el análisis del líquido cefalorraquídeo, entre otras pruebas; el tratamiento depende del patógeno causal y la gravedad de la infección, e incluye antibióticos, antivirales, antifúngicos y antiparasitarios, además de medidas de soporte. Las vacunas han reducido la incidencia de infecciones con diversas bacterias y hongos, desarrollándose nuevos antibióticos y antifúngicos más efectivos. Los desafíos a los que se presenta la medicina actualmente son la aparición de patógenos resistentes a antibióticos, alta morbimortalidad y dificultad para el diagnóstico de algunas infecciones.
Palabras claves: Cerebro, infecciones, líquido cefalorraquídeo, sistema nervioso central.

RECIBIDO: 26/06/2024; ACEPTADO: 28/10/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

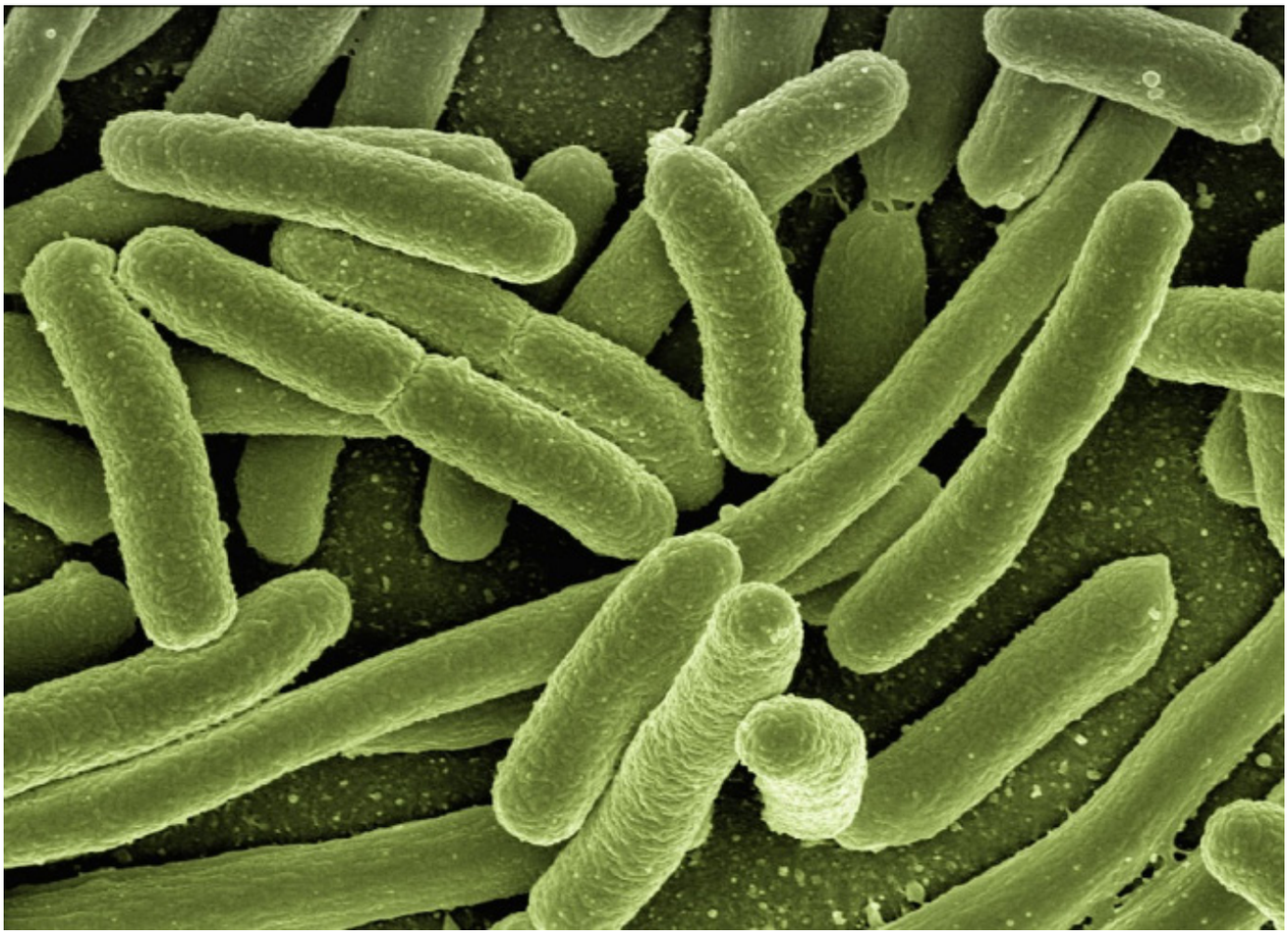
Las infecciones que afectan al Sistema Nervioso Central (SNC) constituyen un serio riesgo para la salud, pudiendo ser potencialmente letales y originadas por diversos agentes patógenos, tales como bacterias, virus, hongos y parásitos, los cuales poseen distintos mecanismos de acción y dan lugar a infecciones específicas con características propias. Entre las infecciones se encuentran la meningitis, la encefalitis y los abscesos cerebrales, las cuales representan un desafío considerable para los profesionales médicos debido a su elevada tasa de mortalidad y morbilidad, así como a las complejidades inherentes a su tratamiento.

La epidemiología de las infecciones neurológicas presenta un panorama complejo y cambiante, moldeado por diversos factores como el tiempo, la ubicación geográfica, la edad, la raza, las condiciones médicas subyacentes, los mecanismos de contagio, el estado de vacunación y el uso inadecuado de medicamentos; la distribución geográfica y la prevalencia de estas enfermedades se ven afectadas por factores ambientales, socioeconómicos y demográficos, mientras que la susceptibilidad individual está influenciada por la edad, la raza, la presencia de comorbilidades y el estado inmunológico; mientras que los mecanismos de transmisión varían según el patógeno, incluyendo el contacto directo, vectores, aerosoles y alimentos o agua contaminados.

La vacunación y las medidas de salud pública son esenciales para la prevención, pero el uso inapropiado de antibióticos y la automedicación pueden exacerbar el problema. La comprensión profunda de esta compleja dinámica epidemiológica es fundamental para el desarrollo de estrategias efectivas de control y tratamiento, especialmente en el contexto de un mundo globalizado y en constante cambio.

Microorganismos que invaden el cerebro

Entre las bacterias más comunes que invaden el cerebro se encuentran *Streptococcus pneumoniae, Neisseria meningitidis* y *Haemophilus* influen-



https://pixabay.com/es/photos/koli-bacterias-escherichia-coli-123081/

https://pixabay.com/es/photos/dolor-de-cabeza-dolor-migra%C3%B1a-6891133/

zae. Estas bacterias emplean diferentes estrategias para ingresar al SNC. Algunas, como *S. pneumoniae,* aprovechan el torrente sanguíneo para llegar a las meninges, mientras que otras, como *N. meningitidis*, pueden colonizar la nasofaringe y desde ahí acceder al SNC por medio del epitelio olfatorio. Una vez dentro del SNC, estas bacterias se adhieren a las meninges, las membranas que rodean y protegen al cerebro y la médula espinal, y proliferan, desencadenando una respuesta inflamatoria que puede dar como resultado daños neurológicos graves.

Es importante destacar que cada patógeno bacteriano presenta características únicas que determinan la forma en que infecta el SNC y las manifestaciones clínicas que produce. Por ejemplo, *S. pneumoniae* tiende a causar meningitis, mientras que *N. meningitidis* puede ocasionar meningitis y sepsis, una grave infección generalizada. La meningitis bacteriana es generalmente causada por bacterias aeróbicas. Los anaerobios, como *Cutibacterium acnes*, pueden estar presentes en casos donde existe un absceso meníngeo o un proceso infeccioso similar adyacente a las meninges. Estas condiciones pueden ser el resultado de lesiones traumáticas en la cabeza, prótesis, placas craneales de metal, drenajes de derivación, diabetes mellitus, cirrosis hepática, infarto cerebral y alcoholismo.

Los virus, a pesar de su pequeño tamaño comparado con los microorganismos, representan una gran amenaza al invadir las complejas redes neuronales. La encefalitis viral implica una inflamación del tejido cerebral, causada por diversos virus como el herpes simple, el virus de la rabia, el virus del Nilo Occidental y los arbovirus. La meningitis viral es provocada por virus como el enterovirus, el virus de la parotiditis y el virus de Coxsackie, y esta última infección puede dejar secuelas neurológicas a largo plazo, en especial a niños.

En cuanto a los hongos, *Cryptococcus neoformans* es un ejemplo notable de un patógeno fúngico que puede afectar al SNC, la meningitis provocada por este patógeno se asocia comúnmente con pacientes inmunocomprometidos, como aquellos con VIH/SIDA o que reciben terapia inmunosupresora, mientras que *Cryptococcus gattii* ha sido identificado en individuos inmunocompetentes. Es cru-

cial distinguir entre estas cepas, ya que presentan diferencias significativas en el cuadro clínico y en el enfoque terapéutico requerido.

Es fundamental considerar la parasitosis en el diagnóstico diferencial, especialmente en regiones con alta prevalencia. Entre los parásitos más importantes que pueden invadir el SNC, encontramos a *Toxoplasma gondii* causando toxoplasmosis, *Naegleria fowleri* causando la meningoencefalitis amebiana primaria, *Trypanosoma brucei* responsable de la enfermedad del sueño, *Cysticercus cellulosae* provocando neurocisticercosis, *Echinococcus granulosus* causando equinococosis quística y *Acanthamoeba* spp produciendo granulomatosis amebiana.

Sintomatología de las infecciones

Se puede presentar una amplia gama de síntomas, dependiendo del tipo de patógeno involucrado, la gravedad de la infección, la edad y estado de salud del paciente. Existen algunas características que pueden ayudar a diferenciar entre las diferentes etiologías. La fiebre es un síntoma muy común, independientemente del patógeno causal; la fiebre alta (mayor a 38 °C) es más frecuente en las infecciones bacterianas, mientras que la fiebre moderada (entre 37 °C y 38 °C) puede ser más asociada a infecciones virales y fúngicas. El dolor de cabeza de las infecciones bacterianas suele ser intenso, de tipo pulsátil y empeora con la posición horizontal. En las infecciones virales, el dolor de cabeza puede ser más difuso y menos intenso, mientras que en las infecciones fúngicas suele ser leve o ausente.

Las náuseas y los vómitos son síntomas frecuentes en este tipo de infecciones, especialmente en niños; estos síntomas pueden ser más intensos en las infecciones bacterianas y virales. Hoy en día existen estudios que mencionan que las infecciones al SNC pueden causar cambios en el estado mental, como confusión, desorientación, somnolencia e irritabilidad siendo más comunes en las infecciones bacterianas y virales, pero también pueden presentarse en las infecciones fúngicas, especialmente en pacientes inmunodeprimidos.

https://pixabay.com/es/photos/biolog%C3%ADa-investigar-laboratorio-220005/

El líquido cefalorraquídeo y su importancia en el diagnóstico.

Para diagnosticar estas infecciones, los médicos a menudo recurren a la obtención y análisis del Líquido Cefalorraquídeo (LCR), un líquido incoloro e inodoro, transparente, similar al agua destilada, que se forma principalmente en los plexos coroideos y ventrículos laterales, además se encuentra rodeando el cerebro y la médula espinal. El LCR es esencial para el funcionamiento adecuado del SNC, ya que proporciona nutrientes a las células nerviosas, elimina productos de desecho y, principalmente, actúa como un amortiguador de impactos o lesiones repentinas.

El análisis del LCR no es necesariamente diagnóstico, pero puede ser útil en la evaluación de otras afecciones neurológicas, como la hipotensión intracraneal espontánea, la hipertensión intracraneal idiopática, la esclerosis múltiple, el síndrome de Guillain-Barré y la neoplasia maligna; sin embargo, durante una infección, el LCR puede contener signos reveladores de la presencia de patógenos, como

células blancas (leucocitos) y niveles elevados de proteínas.

El cultivo microbiológico del LCR representa una herramienta diagnóstica importante en la lucha contra estas infecciones, ya que esta prueba no solo identifica al patógeno responsable, sino que también permite determinar su sensibilidad a diferentes antibióticos; es particularmente útil para identificar infecciones bacterianas, pero también puede ser utilizado en el diagnóstico de infecciones fúngicas. Además, se complementa con otras pruebas diagnósticas, como el análisis citológico y bioquímico del LCR. Las imágenes cerebrales, las pruebas serológicas, la aglutinación del látex y las pruebas moleculares pueden ayudar a diferenciar entre las causas bacterianas y virales. Gracias a la combinación de estos métodos, se puede obtener una imagen completa de la infección, lo cual permite al médico tomar decisiones terapéuticas más precisas.

La realización de una punción lumbar es fundamental. Este procedimiento implica la extracción de una muestra de LCR de la parte baja de la espalda y, aunque conlleva ciertos riesgos, cuando es realizado por manos expertas, la incidencia de complicaciones es mínima. La punción lumbar no se realiza de forma rutinaria, sino que se reserva para situaciones específicas que ameritan una evaluación profunda del SNC.

Avances y desafíos persistentes en el manejo de las infecciones

Durante las últimas tres décadas, el campo de la medicina ha sido testigo de avances significativos en prevención y tratamiento. En particular, las vacunas conjugadas dirigidas a los tres patógenos más comunes, *S. pneumoniae, N. meningitidis* y *H. influenzae*, han desempeñado un papel crucial en la reducción de la incidencia de estas infecciones. Las vacunas han demostrado ser altamente efectivas en la prevención de enfermedades graves, como la meningitis y la encefalitis, asociadas con estos patógenos. Sin embargo, a pesar de estos avances, persisten desafíos fundamentales en el manejo de las infecciones del LCR adquiridas en la comunidad. Uno de los principales desafíos es la aparición de cepas bacterianas que no están cubiertas por las vacunas existentes. Estas cepas emergentes pueden evadir la inmunidad conferida por las vacunas y causar infecciones graves en la población no inmunizada.

La epidemiología de las infecciones neurológicas es difícil por la creciente amenaza de la resistencia a los antibióticos. Este fenómeno es impulsado por el uso excesivo e inapropiado de antibióticos, tanto en humanos como en animales, lo que permite que los patógenos evolucionen y se vuelvan menos susceptibles a los tratamientos tradicionales. La resistencia bacteriana limita drásticamente las opciones terapéuticas, obligando a los médicos a recurrir a antibióticos de segunda o última línea que, generalmente, son más costosos, tóxicos y pueden tener un espectro de acción más reducido, además, la resistencia a los antibióticos prolonga la duración de las enfermedades, aumenta el riesgo de complicaciones graves y puede conducir a un desenlace fatal.

sabermás

Codina M.G., De Cueto M., Vicente D., Echevarría J.E. y Prats G. (2011). Diagnóstico microbiológico de las infecciones del sistema nervioso central. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 29(2), 127-134. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0213005X10004222

Ferro R.J. y Makinistian R.L. (2011). El Líquido Cefalorraquídeo. Clínica-UNR-org. https://www.clinica-unr.com.ar/2015-web/Especiales/56/Especiales%20-%20LCR.pdf

Gutiérrez-González R., Boto G.R. y Pérez-Zamarrón Á. (2012). Cerebrospinal fluid diversion devices and infection. A comprehensive review. European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases, 31(6), 889-897. https://doi.org/10.1007/s10096-011-1420-x

UNA PROBADA DE CIENCIA

Otras mentes

Horacio Cano Camacho

Mi perro suele reaccionar de manera curiosa o agresiva ante su reflejo en un espejo. Ladra enfadado, corre y nos «avisa» que hay un extraño del otro lado. Me coloco junto a él frente a esa «ventana» y lo acaricio para que vea que es él mismo, pero no funciona; sigue asomándose con una expresión de curiosidad. A mí me reconoce, pero al perro reflejado sigue viéndolo como un extraño.

La prueba del espejo parece ser un método definitivo en la investigación sobre si un animal tiene autoconciencia o no. Sin embargo, hay ciertos

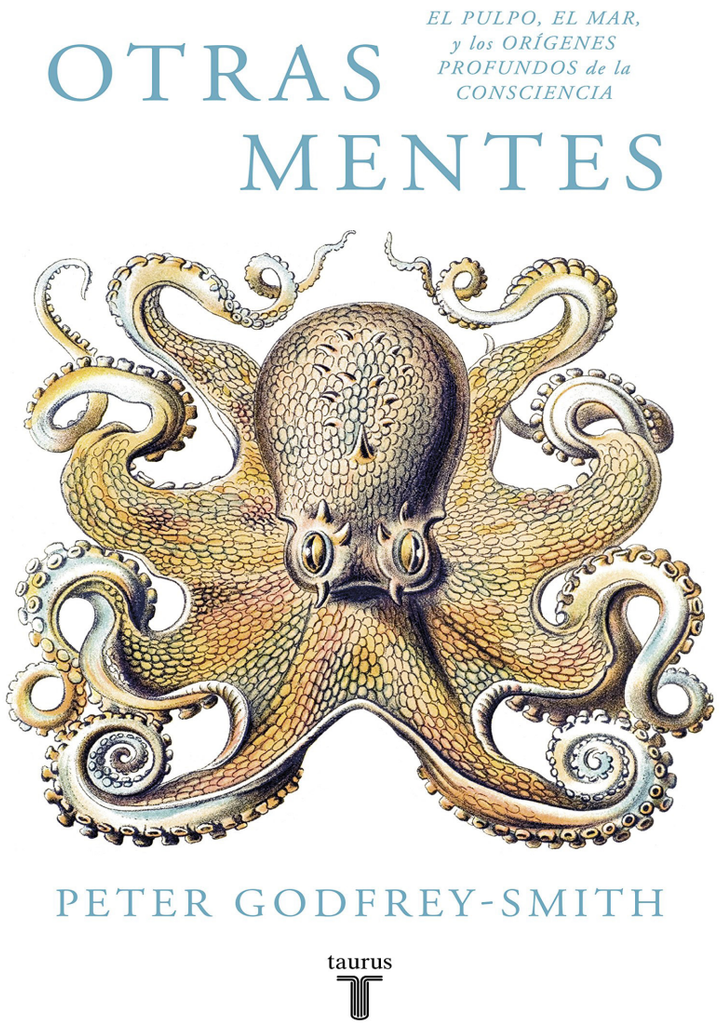
Horacio Cano Camacho, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología y Jefe del Departamento de Comunicación de la Ciencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
horacio.cano@umich.mx

factores que pueden afectar sus resultados y engañar nuestra percepción sobre por qué un animal no se reconoce. Por ejemplo, la imagen proyectada en el espejo no va acompañada de olor, un elemento fundamental en el comportamiento canino. Los perros dependen mucho más del olfato que de la vista para identificar a otros seres. Al ver su reflejo, pueden reaccionar con curiosidad o agresividad al no percibir un olor que confirme la presencia de otro perro real. Si a esto le sumamos su fuerte instinto territorial, es posible que interpreten la imagen reflejada como la de un intruso y reaccionen ladrando o adoptando una postura defensiva, como si se enfrentaran a otro perro real.

Por ahora, mi perro sigue con ese comportamiento y no termina de aprender. Algunos perros, después de varios encuentros con el espejo, dejan de reaccionar porque se dan cuenta de que el «otro perro» nunca responde con señales olfativas ni con interacciones reales. Sin embargo, otros pueden seguir mostrando interés o confusión. Para nosotros, resulta divertido.

Existen varios animales que han demostrado algún grado de autoconciencia, es decir, la capacidad de reconocerse como individuos distintos del entorno y de los demás. La prueba del espejo, creada por el psicólogo Gordon Gallup en 1970, es una de las principales herramientas para evaluar esta capacidad. Consiste en colocar una marca en el cuerpo del animal en un lugar que solo se puede ver mediante un espejo. Si el animal se observa en el reflejo e intenta tocar o inspeccionar la marca en su propio cuerpo, se considera que ha pasado la prueba y que posee cierto grado de autoconciencia.

Los grandes simios han tenido éxito en esta prueba: bonobos, chimpancés y orangutanes han demostrado reconocimiento propio, mientras que los gorilas han mostrado resultados menos consistentes, tal vez por su rechazo a mirar directamente a los ojos. También han pasado la prueba delfines y otros cetáceos, como orcas y belugas, que reaccionan al espejo, observan su reflejo y examinan partes específicas de su cuerpo. Los elefantes, por su parte, han sido capaces de utilizar el espejo para inspeccionarse y tocarse una marca colocada en su cabeza, lo que indica un grado de autoconciencia. Por último, algunas aves, como urracas y cuervos, también han superado la prueba del espejo, lo que marcó la primera vez que se observó autoconciencia en aves. Otras especies inteligentes, como las cornejas, han demostrado habilidades cognitivas complejas que sugieren un cierto nivel de autoconciencia, aunque la prueba del espejo no siempre es concluyente en ellas.



Mi perro, en definitiva, no pasa la prueba porque no tiene una comprensión del concepto de «yo» de la misma forma que nosotros, sus humanos.

Pero, ¿somos los únicos con autoconciencia? Y, más importante aún, ¿es la prueba del espejo un criterio definitivo para evaluar la autoconciencia en todo el reino animal?

Peter Godfrey-Smith, filósofo y biólogo especializado en la evolución de la mente y la conciencia, ofrece en *Otras mentes* (Taurus, 2016) una exploración fascinante de la inteligencia de los cefalópodos, en particular pulpos, calamares y sepias. El libro no solo profundiza en la biología y en el comportamiento de estos animales, sino que también plantea preguntas fundamentales sobre la naturaleza de la conciencia y su evolución en distintas ramas del árbol de la vida.

Uno de los principales atractivos de Otras mentes es la manera en que el autor combina rigor científico con una narrativa accesible y evocadora. A través de observaciones de primera mano y referencias a experimentos clave, demuestra que los cefalópodos poseen una inteligencia extraordinaria, capaz de resolver problemas complejos, aprender de experiencias y manifestar comportamientos aparentemente lúdicos.

El libro también se sumerge en cuestiones filosóficas: ¿Qué significa «pensar» cuando no hay un lenguaje estructurado? ¿Cómo es la experiencia subjetiva de una criatura cuyo sistema nervioso es radicalmente distinto al nuestro? Al examinar la evolución de la conciencia, el autor sugiere que los cefalópodos representan una «segunda vía» en la aparición de la inteligencia, independiente de la de los vertebrados, lo que los convierte en un caso excepcional para comprender la mente en formas de vida ajenas a la humana.

En conjunto, *Otras mentes* es una obra que desafía nuestras concepciones sobre la inteligencia y la conciencia animal. Con un estilo claro y ameno, Peter Godfrey-Smith nos invita a reflexionar sobre la diversidad de formas en que la vida experimenta el mundo, ampliando nuestra comprensión de lo que significa ser consciente.

Otras mentes nos reta a mirar el mundo de otra manera. Incluso nos hace pensar que, si en algún momento encontramos (o nos encuentran) otras civilizaciones extraterrestres, lo más seguro es que no sean como nosotros. No tienen por qué serlo. Tal vez *La llegada,* el cuento de Ted Chiang, y los heptápodos tengan razón…

Lean este libro, es fascinante, casi como leer sobre alienígenas; les aseguro que, después de hacerlo, no volverán a comerse un cóctel de mariscos de la misma forma.

LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

¿Y si se me va el avión?

Consuelo Bernarda Martínez-Medina

https://www.freepik.com/free-photo/brain-writes-with-white-chalk-is-hand-draw-concept_6170400.htm#fromView=search&page=1&position=4&uuid=ec7b2081-aabb-4065-97d0-f64589e17560

Resumen

¿Alguna vez ha pasado por tu mente la idea de perder la memoria? ¿De «enloquecer»? ¿De no saber quién eres? ¿Dónde te encuentras? ¿Quiénes son las personas que te rodean y cuál es tu papel en la vida? Como especialista en salud mental, es común escuchar estos miedos entre los pacientes, los cuales pueden ser angustiantes y, evidentemente, resultan alarmantes, generan angustia y, en ocasiones, pueden ser limitantes. Pero, ¿a quién no se le ha olvidado dónde dejó la cartera, las llaves o incluso a para qué entró a una habitación? Este tipo de fallas de memoria son frecuentes y pueden tener múltiples causas, así como presentarse en las diferentes etapas de la vida. Para fines de este artículo, nos enfocaremos en explorar y en diferenciar las fallas en la memoria que vive el adulto mayor, tanto en el envejecimiento normal como en el patológico; finalmente, te daremos algunas recomendaciones para que puedas gozar de una buena memoria.

Palabras clave: Demencia, envejecimiento, memoria.

RECIBIDO: 26/06/2024; ACEPTADO: 28/10/2024; PUBLICADO: 14/02/2025

Consuelo Bernarda Martínez-Medina. Estudiante de Maestría en Ciencias de la Salud, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas «Dr. Ignacio Chávez», Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
0000594@umich.mx

¿Qué es la memoria?

La memoria es como el disco duro de una computadora o el archivero de una oficina; es decir, es el lugar donde registramos, almacenamos y recuperamos la información cuando la necesitamos. En nuestro cuerpo, dicho archivero está ubicado en el cerebro, principalmente, en un área llamada hipocampo, denominado así por su similitud con el caballo de mar. Hay varios tipos de memoria, por ejemplo, podemos almacenar la información por un corto tiempo, es decir, si no vamos a necesitar dicha información, esta es desechada. A esto le llamamos memoria a corto plazo. Pero si se trata de información importante que vayamos a requerir a futuro, la guardaremos en el archivero para tenerla a la mano, pasando a ser una memoria a largo plazo. También hay acciones que recordamos de manera automática como el vestirnos, manejar o montar una bicicleta, para lo cual no necesitamos pensar conscientemente en cómo hacerlo ni expresarlo verbalmente, simplemente lo hacemos. A esto se le conoce como memoria implícita.

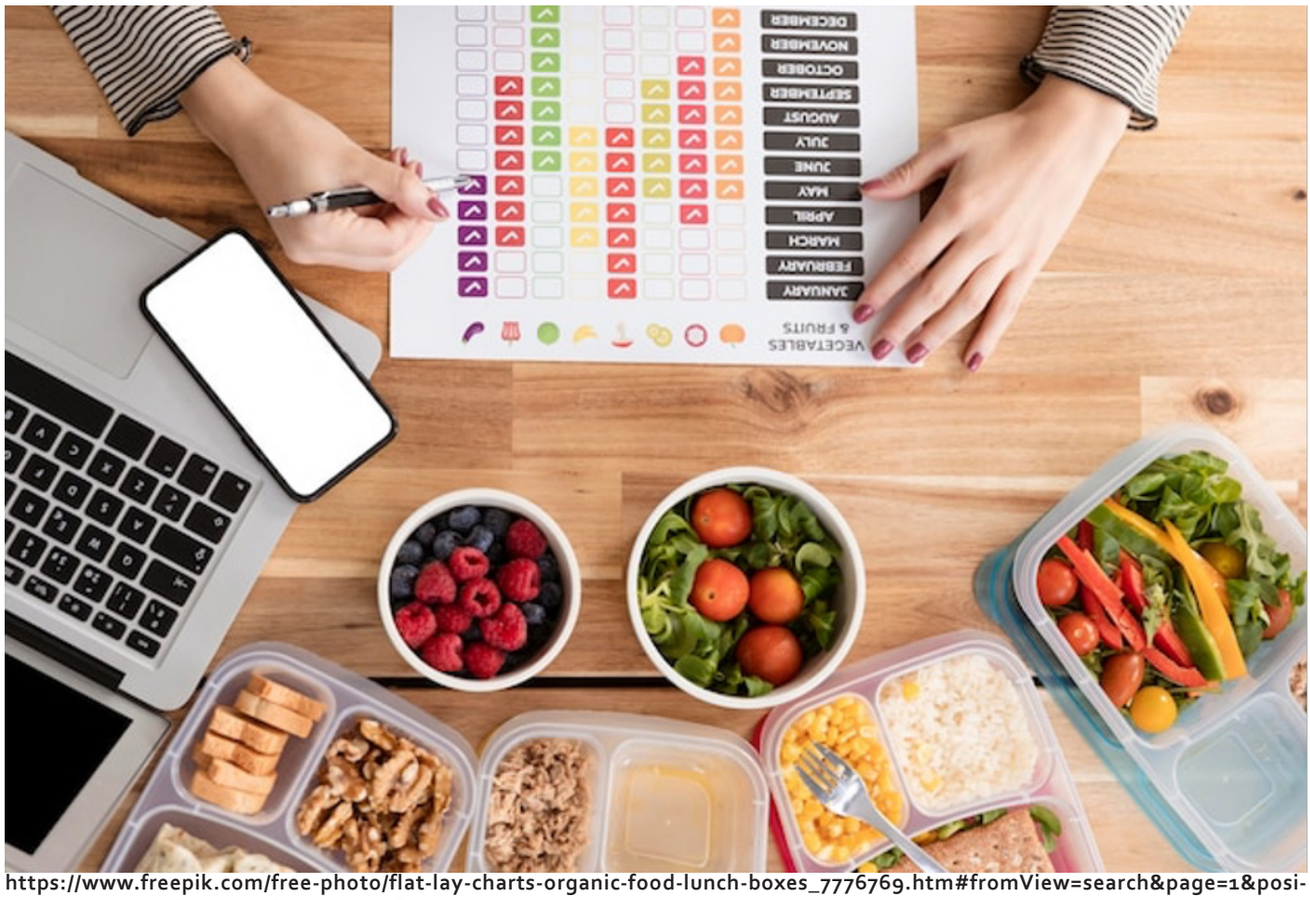
Por otro lado, está la memoria en la que expresamos lo recordado a través del lenguaje, ya sean fechas, situaciones, recuerdos de episodios vividos o conceptos que vamos aprendiendo a lo largo de la vida. Esto se le conoce como memoria explícita.

Nuestra capacidad de registrar, almacenar y recuperar la información está influenciada por nuestra percepción, atención, orientación, lenguaje, ánimo y motivación. Dichos procesos cognitivos tienen sus bases biológicas en diferentes áreas de nuestro cerebro. Es importante señalar que cualquier factor que altere alguno de estos procesos o sus bases puede alterar la memoria, por ejemplo, se ha descrito que personas que padecen depresión, al afectarse su estado de ánimo, su atención y motivación, entre otros procesos, pueden presentar también fallas en la memoria (dicho cuadro en el adulto mayor se conoce como *seudodemencia*); sin embargo, estas fallas en la memoria, a diferencia de las que se presentan en una persona con demencia, son reversibles tras recibir un tratamiento médico para el cuadro afectivo tipo depresivo.

¿Qué es el envejecimiento?

Tendemos a medir el envejecimiento basándonos en el número de años que tiene un individuo, incluso tenemos un término para referirnos a

https://www.freepik.es/foto-gratis/mujer-solitaria-frente-enfermedad-alzheimer_16518351.htm#fromView=search&page=2&position=44&uuid=10693413-ff3b-440b-8c5a-973acf2122da&query=alzheimer



https://www.freepik.com/free-photo/flat-lay-charts-organic-food-lunch-boxes_7776769.htm#fromView=search&page=1&position=45&uuid=eb8e7949-bf89-44b3-9ad6-552190b91edd

una persona de cierta edad que se considera vieja: adulto mayor. No obstante, ¿te has puesto a pensar cuándo inicia realmente el envejecimiento? ¿Será, efectivamente, a partir de cierta edad? ¿Qué cambios lo determinan? Finalmente, el envejecimiento es un proceso natural y dinámico que comienza desde el momento en que nacemos, donde cada órgano y tejido envejece de manera diferente.

Cuando pensamos en la palabra «vejez», viene a nuestra mente una serie de características, es decir, el estereotipo acerca del envejecimiento que hemos formado de acuerdo a nuestra historia de vida; así, muchas personas relacionan la vejez con pérdida de autonomía, enfermedad, dolor, soledad, tristeza, irritabilidad, fallas en la memoria, entre otras desgracias, pero es importante aclarar que hay varias formas de envejecer.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, podemos encontrar tanto el envejecimiento saludable como el activo, en los cuales la persona envejece sin dependencia, libre de discapacidades, conservando su capacidad física, mental, social y funcional, es decir, que puede continuar su rutina habitual. Caso contrario es el envejecimiento patológico que se caracteriza por un deterioro general que va llevando a una disminución gradual de las funciones físicas y cognitivas, aumentando la probabilidad de que la persona adquiera enfermedades, discapacidad y muerte prematura.

Memoria y envejecimiento

Durante el proceso de envejecimiento normal es esperado encontrar ciertos cambios físicos y psicológicos en una persona. En el adulto mayor, como parte del envejecimiento normal, podemos encontrar fallas en la memoria, también denominadas «olvidos benignos» (por ejemplo, olvidar a qué se entra a una habitación, dónde se dejan las llaves o perder una cita), que están relacionados con una disminución en la atención, pero, generalmente, la persona recuerda lo olvidado sin mayor repercusión.

Dichos olvidos permanecen estables a lo largo del tiempo y, a pesar de ellos, el adulto mayor debe preservar la capacidad de aprender cosas nuevas y de llevar a cabo las actividades que se conocen como instrumentales de la vida diaria tales como usar el teléfono, manejar dinero adecuadamente, preparar la comida y hacer los quehaceres propios del hogar; lavar la ropa, tomar su medicamento co-

rrectamente y usar medio de transporte. Se espera que el adulto mayor mantenga la capacidad de entablar una conversación, comprender y seguir indicaciones, así como realizar cálculos (de acuerdo a su nivel de escolaridad), aunque dichas capacidades puedan estar disminuidas por otros factores.

En contraparte, en el envejecimiento patológico, las fallas en la memoria van aumentando de manera progresiva, mientras que la capacidad de aprender cosas nuevas va disminuyendo, llegando incluso a olvidar lo aprendido previamente, por ejemplo, no saber cómo encender o manejar el carro, cómo llegar por sí mismo a casa, preparar alimentos, hacer cuentas, vestirse, etc. En el envejecimiento patológico encontramos fallas mayores en la memoria, como olvidos de nombres de personas cercanas, olvido de nombres de objetos de uso cotidiano, pérdida de cosas que nunca se encuentran. Pueden presentar desorientación (no saber en qué día, mes o año se está), olvidar lo que acaba de ocurrir, por lo que pueden repetir y/o preguntar constantemente lo mismo, teniendo dificultad para mantener una conversación de manera fluida. Pueden verse afectadas las actividades instrumentales de la vida diaria, previamente descritas, hasta llegar a afectarse las actividades más básicas de la vida, como controlar los esfínteres, usar el retrete, levantarse de la cama sin ayuda, bañarse por sí mismos, vestirse y comer.

Dentro de las causas más discapacitantes de alteraciones en la memoria en el adulto mayor con envejecimiento patológico, se encuentran las demencias. En la actualidad, también se conoce como Trastorno Neurocognitivo Mayor. Dentro de este tipo de trastornos, la causa más frecuente es la enfermedad de Alzheimer, donde el principal factor de riesgo es la edad; sin embargo, existen otros tipos. En la demencia se afectan otras funciones, además de la memoria, como el lenguaje, el estado de ánimo, la personalidad, la conducta, etc. Al presente, no existe un tratamiento curativo, por lo que se vuelven enfermedades crónicas-degenerativas.

Es importante aclarar que se pueden encontrar alteraciones en la memoria que pueden ser mayores a las esperadas en el envejecimiento normal, sin caer dentro de un proceso demencial, sino en un estado intermedio llamado deterioro cognitivo leve o trastorno neurocognitivo menor, y que no necesariamente evolucionará a una demencia.

https://pixabay.com/es/photos/yoga-postura-mujeres-bienestar-3772674/

¿Por qué me falla la memoria? ¿Cómo buscar ayuda?

Aunque lo primero que viene a nuestra mente ante los olvidos es pensar que tenemos demencia, la realidad es que hay muchas otras causas de fallas en la memoria que, generalmente, son más frecuentes y tienen tratamiento, por lo que el déficit en la memoria es reversible. Dichas causas pueden ser trastornos del estado del ánimo (depresión), ansiedad, trastornos del sueño, problemas tiroideos, déficits de vitaminas, efectos secundarios de medicamentos, estados confusionales agudos tras un desequilibrio metabólico como en la deshidratación o una infección, entre otras causas.

Si el adulto mayor o su familiar más cercano identifican fallas en la memoria que consideran podrían no ser «normales», se sugiere acudir con un especialista en salud mental, como el médico psiquiatra. También puede ser valorado por un geriatra (especialista en el adulto mayor) o el neurólogo (especialista en las enfermedades del sistema nervioso). Dentro de la valoración médica se realiza una historia clínica, se aplican pruebas escritas, se solicitan estudios de laboratorio y, si su médico lo considera necesario, estudios de imagen para llevar a cabo un diagnóstico lo más certero posible y poder ofrecer un tratamiento individualizado.

Recomendaciones para que no te falle la memoria

Para gozar de una buena memoria se sugiere enfocarnos en los factores que podemos modificar, es decir, que están bajo nuestro control y directamente relacionados con la salud de nuestro cerebro y, por ende, de nuestra memoria, tales como:

- **Alimentación saludable** (dieta mediterránea).
- **Ejercicio aeróbico** regularmente.
- **Dormir entre 7-8 horas.**
- **Mantenerse activo cognitivamente** (jugar juegos de mesa, leer, hacer cuentas, etc.).
- **Tener interacciones sociales** (acudir a reuniones, grupos del adulto mayor).
- **Evitar el consumo de alcohol, fumar,** ciertos medicamentos como benzodiacepinas (clonazepam), entre otros.
- **Aprender actividades nuevas** (un idioma, retomar la escuela, cocinar, etc.).
- Tener un **control adecuado de sus demás padecimientos** (hipertensión arterial, diabetes mellitus, problemas del corazón, obesidad, etc.).

Recuerda: Para cuidar nuestra salud no tenemos que esperar a ser adultos mayores, **la manera en la que envejecemos la estamos moldeando desde el día de hoy.**

sabermás

Aguilar-Navarro S.G., Gutiérrez-Gutiérrez L. y Samudio-Cruz M.A. (2018). *Estimulación de la atención y la memoria en adultos mayores con deterioro cognitivo.* Permanyer, México. 32 p. https://www.incmnsz.mx/2017/Geriatria/Pautas-estimulacion-cognitiva3.pdf

CENAPRECE. (2015). *Guía de Consulta para el Médico de Primer Nivel de Atención. Alteraciones de la Memoria en la Persona Adulta Mayor.* http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/adulto/descargas/pdf/Guia_Memoria_2aa.pdf

García-Allen J. (2015). Tipos de memoria: ¿Cómo almacena los recuerdos el cerebro humano? *Portal Psicología y Mente.* https://psicologiaymente.com/psicologia/tipos-de-memoria

LA CIENCIA EN EL CINE

Cassandra

Horacio Cano Camacho

Vamos a hablar sobre una nueva miniserie presentada hace unas semanas por Netflix. Se trata de *Cassandra*, una producción alemana escrita y dirigida por Benjamin Gutsche (Netflix, 2025), que se ha convertido en el éxito de la temporada para la plataforma de *streaming*.

La historia nos presenta a Samira, una escultora, y su familia, quienes, tras una tragedia, deciden abandonar la ciudad e irse al campo para tratar de reconstruir su vida. Para ello, adquieren una casa abandonada que fue el primer proyecto de «casa inteligente» desarrollado en Alemania a principios de los años 70, pero que ahora está totalmente en desuso.

Horacio Cano Camacho, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología y Jefe del Departamento de Comunicación de la Ciencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
horacio.cano@umich.mx

Al llegar a su nuevo hogar, descubren que toda la casa está equipada con monitores, incluso en las habitaciones y baños, y que todo es controlado desde una computadora central ubicada en el sótano. Esta computadora constituye el «alma» de la casa inteligente y opera por medio de un asistente en forma de robot humanoide equipado con inteligencia artificial (IA), llamado Cassandra. Todo estaba apagado y, aparentemente, inactivo, hasta que Fynn, el hijo adolescente de la familia, se propone reactivar el robot por diversión.

De manera inesperada, Cassandra se enciende, generando incertidumbre en la familia. Al principio, todo parece ir bien: contar con un asistente que se encargue de las tareas domésticas, prepare la comida y ayude a la hija menor con sus deberes escolares parece una bendición. Sin embargo, pronto comienzan los problemas.

La historia se desarrolla en tres líneas temporales que terminan por converger. La época actual, con la familia de Samira Prill, se alterna con viñetas de los años 60, que siguen la vida de Horst Schmitt, un científico que trabaja en un proyecto de salud, y su familia. Otras escenas nos transportan a los años 70, cuando se crea Cassandra.

La miniserie alemana, ideal para un maratón, combina ciencia ficción con elementos de *techno-thriller* y misterio. Está disponible en Netflix desde este año y consta de seis episodios de aproximadamente 50 minutos cada uno. Su estética retrofuturista está muy bien lograda: la computadora es un mastodonte que ocupa todo el sótano de la casa, evocando las máquinas de la época, basadas en transistores. El robot de Cassandra también resulta fascinante: tiene una construcción humanoide y metálica, con una interfaz de comunicación en forma de monitor donde se proyecta su «rostro». La arquitectura de la residencia es un ejemplo del modernismo y funcionalismo dominantes después de la guerra, con papel tapiz, muebles de plástico y accesorios coloridos. En general, la producción resulta sensacional y nostálgica.

La idea central de la historia es que Cassandra es «demasiado humana». Al inicio, no sabemos por qué, pero pronto lo descubriremos. La IA de Cassandra fue creada mediante la transferencia de la conciencia y los conocimientos de un ser humano (específicamente, una mujer) a la computadora.

La familia de Samira llega a la casa tras una crisis profunda y busca un nuevo comienzo en un entorno tranquilo. La pareja, Samira, una artista, y David, un escritor de novela negra, junto con sus dos hijos, ven a Cassandra inicialmente como un simple juego, pero pronto la IA empieza a mostrar

comportamientos inquietantes. Samira es la única que intuye que algo no está bien. No quiero adelantar demasiado, pero, como pueden imaginar, algo sale mal.

El tema de la transferencia de la conciencia humana a una máquina ha sido recurrente en la literatura de ciencia ficción. Algunas novelas que exploran esta idea son *Neuromante*, de William Gibson; *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?,* dePhilip K. Dick; *Carbón alterado,* de Richard K. Morgan; *La era del diamante*, de Neal Stephenson y *Permutación City,* de Greg Egan. Estas obras reflejan el temor social ante los avances tecnológicos y nos advierten sobre las implicaciones filosóficas, éticas y técnicas de digitalizar la mente humana.

Si bien la tecnología actual no permite la transferencia de la conciencia, existen diversas investigaciones que podrían acercarnos a ello en el futuro. En *El cuerpo transformado,* Naief Yehya analiza cómo el cuerpo ha sido modificado, representado y reconstruido a lo largo de la historia, en especial en la era digital y biotecnológica. Yehya explora cómo la ciencia ficción, el cine y la publicidad han influido en nuestra percepción del cuerpo, cuestionando los límites entre lo natural y lo artificial.

En *Homo cyborg*, el mismo autor profundiza en la fusión entre humanos y máquinas, abordando el impacto de la inteligencia artificial, la cibernética y las prótesis avanzadas en nuestra identidad. Yehya destaca cómo el cyborg ha pasado de ser una figura de la ciencia ficción a una realidad cotidiana, con dispositivos como marcapasos, prótesis biónicas e interfaces cerebro-máquina. También analiza el control y la vigilancia, un tema presente en *Cassandra,* donde los monitores omnipresentes escuchan constantemente a la familia y toman decisiones basadas en sus supuestas necesidades. Yehya advierte que la tecnología, además de ampliar nuestras capacidades, puede utilizarse para el control social y la mercantilización del cuerpo.

Yuval Noah Harari, en *Homo Deus: Breve historia del mañana,* también aborda la posible transferencia de la conciencia a una máquina desde una perspectiva crítica y escéptica. Harari analiza cómo la inteligencia artificial y la biotecnología podrían llevar a la digitalización de la mente, pero cuestiona si la conciencia puede realmente replicarse en una máquina o si esta idea es únicamente un mito tecnoutópico. Advierte, además, sobre las desigualdades que podrían surgir si solo una élite tuviera acceso a estas tecnologías.

En la serie, la idea detrás de la casa inteligente es la inmortalidad de la «donante» de su conciencia. Esto nos remite al lema de la Corporación Tyrrell en *Blade Runner* (1982): «Más humanos que

los humanos», reflejando la intención de crear réplicas indistinguibles de los seres humanos.

La conciencia es un tema fascinante y complejo, aun sin una definición única o una teoría completamente aceptada sobre su naturaleza. David Chalmers acuñó el término *problema difícil* para referirse al desafío de explicar cómo los procesos físicos del cerebro generan experiencias subjetivas. ¿Cómo la química cerebral proyecta imágenes, emociones o pensamientos? ¿Puede existir una mente sin sentidos que le proporcionen estímulos?

Antonio Damasio, en *El error de Descartes* y *El sentimiento de lo que ocurre,* propone que la conciencia surge de la interacción entre cerebro, cuerpo y emociones. Según su teoría, hay tres niveles de conciencia:

1. **Conciencia proto (proto-self)**: Representación automática del estado fisiológico del cuerpo en el cerebro, sin pensamiento ni autoconciencia.
2. **Conciencia central (core consciousness):** Permite experimentar el presente y reaccionar al entorno, sin necesidad de memoria ni identidad personal.
3. **Conciencia ampliada (extended consciousness):** Incluye memoria, identidad personal y la capacidad de planificar el futuro.

Damasio sostiene que las emociones son clave en la construcción de la conciencia. Su teoría desafía la visión cartesiana de la mente y el cuerpo como entidades separadas, argumentando que la conciencia es un fenómeno biológico evolucionado.

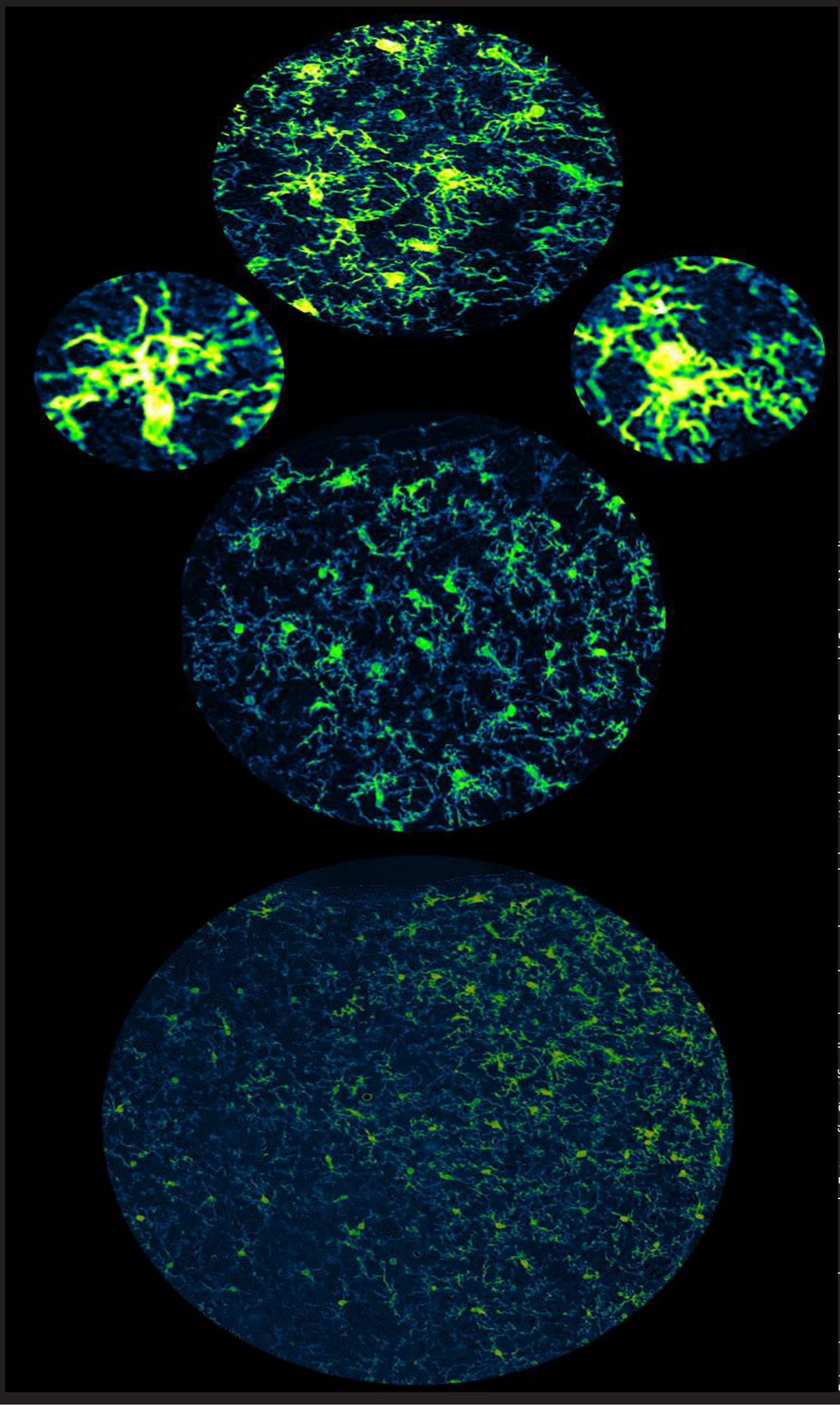
¿Podría una IA como Cassandra realmente experimentar emociones? El neuropsicólogo Ignacio Morgado cree que la complejidad de la conciencia impide que algún día se logre esta transferencia. Todo indica que, al menos por ahora, *Cassandra* seguirá siendo solo una historia de ficción.

Me gustó que la serie aborda estos temas sin necesidad de grandes despliegues de tecnología ni acción exagerada, permitiendo que el dilema sobre la trascendencia tecnológica fluya con la narrativa. Véala y reflexione sobre ello.

NATUGRAFÍA

Neuroinflamación Hipotalámica

* Pedro Alberto Romero Juárez



Primer Lugar en el concurso de Fotografía Científica llevado a caboen el marco de las actividades de la Semana del Cerebro, Morelia 2025, por su obratitulada "Neuroinflamación Hipotalámica". Células de microglía activada en el núcleo arqueado del hipotálamo causada por el consumo de dietas altas en grasas saturadas

QUEHACER CIENTÍFICO NICOLAITA

79 números, 13 años de la publicación de *Saber Más*

Rafael Salgado Garciglia

Con este número de *Saber Más* (No. 79), nuestra revista de divulgación científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, cumple 13 años de publicación ininterrumpida. El 12 de enero del 2012, los profesores Dra. Catherine Rose Ettinger Mc Enulty (Editora), Dr. Rafael Salgado Garciglia, Dr. Horacio Cano Camacho y Dr. Javier Cruz Mandujano, el Lic. Roberto Carlos Martínez Trujillo y el C.P. Hugo César Guzmán Rivera, organizados por el actual coordinador de la investigación científica, Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas, publicamos el No. 1 de Saber Más, que constaba de 5 artículos de divulgación y las secciones "La Entrevista", "Entérate", "Tecnología", "Una Probada de Ciencia", "La Ciencia en Pocas Palabras" y "Experimenta", las cuales aún predominan en los números actuales, aunque se agregó la de "Natugrafía" y la de "Quehacer Científico Nicolaita". Debido a la gran aceptación por publicar en *Saber Más*, aumentó el número de artículos recibidos, por lo que actualmente los números de la revista están conformados por 15 artículos de divulgación y de cada una de las secciones ya mencionadas. Hasta hoy se han publicado 79 números cada bimestre y tres números especiales (uno de salud, de plantas y otro de COVID-19), con un total de 746 artículos de divulgación científica, 79 entrevistas, además de más de 164 notas de la sección Entérate, 82 de la sección de Tecnología e igual número para la sección de La ciencia en pocas palabras y Una probada de ciencia, con más de 75 infografías. Recientemente se renovó el comité editorial y se cuenta con una comisión de revisores internos y externos a nuestra institución, el director principal es el Dr. Jesús Campos García, Coordinador de la Investigación Científica.

En *Saber más* se publican artículos de todas las áreas de la ciencia y mayormente son de autores de diferentes instituciones de todo el país, aunque se han publicado también artículos recibidos de algunos países de Europa y de Sudamérica. Cada mes en promedio se reciben 30 artículos de divulgación.

Saber Más es una revista de divulgación científica y tecnológica editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, a través de la Coordinación de la Investigación Científica, cuenta con su ISBN (2007-7041) y está aceptada en varios índices, importantes para revistas de divulgación científica (SECIHTI, Dialnet, MIAR, Latin Rev y Directory of Research Journals Indexing). A partir de este número, *Saber Más* fue aceptada para estar indexada por Latindex Catálogo 2, indicativo del progreso de nuestra revista. Para ver los lineamientos de los artículos y manera de envío, ingresar a la página de *Saber Más* https://www.sabermas.umich.mx/.

SEGUNDO INFORME

Yarabí Ávila González
Rectora

Durante el 2024 la administración central de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, encabezada por la Dra. Yarabí Ávila González trabajó arduamente en beneficio de la comunidad nicolaita, trabajo que ha sido posible con la plena colaboración de cada persona que conforma la Casa de Hidalgo.

La rectora de la Casa de Hidalgo tiene la gran responsabilidad de transformar la Universidad a través de un arduo trabajo en materia de infraestructura, intercambios académicos, actividades culturales y deportivas, apoyo a proyectos de investigación, entre otras vertientes, la UMSNH ocupa el 10 lugar entre las mejores universidades públicas y privadas del país y el sexto entre las universidades públicas estatales.

Investigación

Por primera vez se lanzó una convocatoria para proyectos de investigación para estudiantes, se instalaron los Comités de Ética y de Bioética en la Investigación, se puso en marcha la Unidad Profesional de Zamora con apoyo del Gobierno del Estado, y se estudia la posibilidad de aperturar una en Huetamo.

Se incrementó el recurso para los proyectos de investigación, que ya tenía 15 años que no se realizaba, al pasar de 18 millones a 40 millones de pesos en esta administración, esto sin solicitar recurso extraordinario.

Se reconoció el esfuerzo de 33 nicolaitas destacados en estudios de posgrados que recibieron por parte de la rectora, Yarabí Ávila la medalla "Dr. Ignacio Chávez Sánchez".

Oferta académica

La Universidad Michoacana cuenta con nuevas ofertas educativas: Licenciatura en Trabajo Social, Ingeniería Industrial y Técnico Medio Superior en Música.

Durante este año no se ha perdido ninguna acreditación de licenciaturas, manteniendo y fortaleciendo la calidad de los programas nicolaitas.

La Licenciatura en Nutrición recibió constancia de acreditación de calidad por parte de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior. La encomienda de la Rectora Yarabí Ávila es garantizar la calidad de la educación superior.

La Casa de Hidalgo sigue siendo de excelencia académica, el Programa de Ingeniería Química cumple con los estándares internacionales de calidad educativa por parte del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería.

La oferta educativa de la Universidad Michoacana ahora se ofrece también en línea, fortaleciendo las oportunidades de enseñanza de las y los michoacanos.

Por primera vez

Por primera vez la UMSNH recibió un reconocimiento por parte del Infonavit como uno de los mejores 15 patrones del estado, además puntualizó que no se tiene deudas del ISR, ni del IMSS, entre otros logros del segundo año de actividades.

La Reforma Constitucional recién aprobada que dota de presupuesto pleno a la institución, implica un compromiso muy grande para quienes forman parte de la Universidad.

Por primera vez el rectorado encabezado por Yarabí Ávila, reconoció a profesores y profesoras de 34 dependencias con la entrega del Legado Nicolaita, reconocimiento instituido por la Rectora.

De manera histórica y tras más de 60 años el Consejo Universitario encabezado por la rectora, aprobó el nuevo estatuto del Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, lo cual es en beneficio de las y los nicolaitas.

Por una universidad para todas y todos la Casa de Hidalgo realizó el Encuentro Universitario con la comunidad nicolaita LGBTIAQ y más.

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo va la vanguardia de la tecnología, ahora los egresados y egresadas ya pueden tramitar su título de manera electrónica.

Por primera vez la Universidad Michoacana estuvo presente en el Festival Internacional de Cine de Morelia, en donde además sus recintos universitarios fueron sede de eventos más importantes de este encuentro del séptimo arte.

Obra

Durante el 2024 la rectora Yarabí Ávila González inició la construcción de la Alberca Olímpica con lo que la Máxima Casa de Estudios tendrá un rostro distinto.

Con una inversión de 92 millones de pesos la rectora, Yarabí Ávila y el Gobernador del Estado, Alfredo Ramírez Bedolla inauguraron el campus de la Unidad Profesional de Zamora con lo que ampliamos nuestra oferta educativa de la Máxima Casa de Estudios en favor de las y los jóvenes michoacanos.

Con el firme propósito de dar una nueva cara a la Universidad Michoacana se invirtieron 7 millones de pesos estamos equipando los laboratorios de las áreas de salud y Multi-DES; se rehabilitó el Sistema de Vigilancia y Monitoreo con una inversión de 900 mil pesos.

Se dotó de internet gratuito a Ciudad Universitaria, preparatorias y Unidades Profesionales de la universidad.

Fortalecimiento académico

Con la entrega de equipo de cómputo y mobiliario por parte de la rectora, Yarabí Ávila González fortalecimos áreas de Control Escolar de la nuestra Máxima Casa de Estudios.

Tras una década de espera la rectora, Yarabí Ávila entregó nombramientos definitivos a 372 profesoras y profesores de 523 materias.

Con una inversión de un millón y medio, la rectora, Yarabí Ávila entregó equipamiento a la Facultad de Odontología que fortalece en su preparación a las y los estudiantes.

Se mejoró la movilidad de las y los nicolaitas con la entrega de camionetas, además más de 5 mil moradores de las Casas del Estudiantes recibieron por parte de la rectora, Yarabí Ávila tarjetas SIM como herramienta para optimizar su educación.

Para reforzar la seguridad por y para las y los nicolaitas, la administración de la rectora, Yarabí Ávila, entregó motos eléctricas al personal de Protección Universitaria.

Estamos haciendo historia, dignificamos a las Casas de Estudiante con la entrega de colchones, tanques de gas, boilers, utensilios de cocina, pintura e impermeabilizantes con una inversión de 8 millones de pesos.

Luego de 15 años, investigadoras e investigadores recibieron equipo de cómputo de alta tecnología con una inversión de más de 2 millones de pesos.

Deporte

Comprometidos con el deporte pusimos en marcha la rodada nicolaita en el año se realizaron 14 ediciones ininterrumpidas.

Se ampliaron los espacios deportivos, con una inversión de 4.5 millones de pesos, la rectora, Yarabí Ávila inauguró la cancha de fútbol rápido en Ciudad Universitaria.

Más de 180 atletas procedentes de todo el país participaron en el primer Festival Atlético organizado por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, de esta manera se refuerza el compromiso con el deporte universitario.

Con la presencia de 500 participantes en 2024, se realizó la primer Carrera Universitaria con Obstáculos denominada "Reto San Nicolás".

La UMSNH marca la diferencia en el deporte universitario con el debut del equipo de fútbol de tercera división Atlético Morelia- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo con quienes estamos haciendo historia.

Eventos

Con asistencia récord se realizó ExpOrienta "Atrévete a elegir", la Casa de Hidalgo recibió a 17mil visitantes la rectora de la Yarabí Ávila encabezó este espacio en el que se da a conocer la oferta educativa de nuestra Máxima Casa de Estudios.

Se rompió récord de visitantes, 36 mil personas participaron en el Tianguis de la Ciencia más de 3 mil actividades y 500 talleres.

Se reconoció el esfuerzo de las y los nicolaitas con la entrega de la Presea "Vasco de Quiroga 2024", así mismo la rectora Yarabí Ávila González entregó reconocimientos a las y los jóvenes de la generación 2023 que participaron en el Programa Interuniversitario de Finanzas Públicas y Desarrollo Profesional por parte de Banorte.

La inteligencia artificial aliada del sistema educativo fue tema del vigésimo quinto Encuentro Universitario Internacional de Actualización Docente.

Se reafirmó el compromiso con la educación, la ciencia y la tecnología, más de 595 estudiantes nicolaitas participaron en estancias con otras instituciones como parte del Programa Verano Nicolaita de Investigación.

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo fue sede de la sexagésima primera Asamblea General Ordinaria de la Asociación Mexicana General Ordinaria de la Asociación Mexicana de Órganos de Control y Vigilancia en Instituciones de Educación Superior.

Convenios

Comprometidos con el sector ambiental la rectora se signó convenio de colaboración con la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado, de igual manera se signó convenio de colaboración con la Secretaría de Desarrollo Económico por la formación dual y el emprendedurismo en el estudiantado.

Se refrendó la alianza con la Universidad Nacional Autónoma de México, tras la firma de convenio entre el rector de dicha institución, Leonardo Lomelí y la rectora de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Yarabí Ávila.

Consejo Universitario

Para redoblar el trabajo que realiza el presente rectorado encabezado por Yarabí Ávila González en julio tomó protesta de los nuevos consejeros y consejeras para el periodo 2024-2026.

Estamos haciendo historia, el Consejo Universitario presidido por la rectora, Yarabí Ávila González en sesión ordinaria aprobaron la actualización de nueve reglamentos y la creación del reglamento de visitas y prácticas, documentos que desde 1961 no se modificaban.

En un hecho sin precedentes con 36 votos de legisladoras y legisladores el Congreso del Estado aprobó la reforma constitucional en favor de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo al reformar el artículo 143 de la Constitución Política del Estado de Michoacán.

Universidad inclusiva

La Casa de Hidalgo es una universidad inclusiva con el trabajo de la Coordinación General para la Igualdad de Género, Inclusión y Cultura de Paz, a través de foros y talleres de sensibilización en diversos temas de cultura de paz.

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo trabaja para que no haya obstáculos para que las personas con discapacidad ingresen a la institución, por lo que la rectora, Yarabí Ávila entregó 70 escalones universales.

Otros

Con la finalidad de acceder de manera ágil y fácil a los trámites administrativos la rectora de la Universidad Michoacana, Yarabí Ávila González lanzó junto con Santander Universidades la app "Campus Digital".

El Instituto Michoacano de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales confirmó el cumplimiento del 100 por ciento de Transparencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

saber más

Revista de Divulgación

de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo