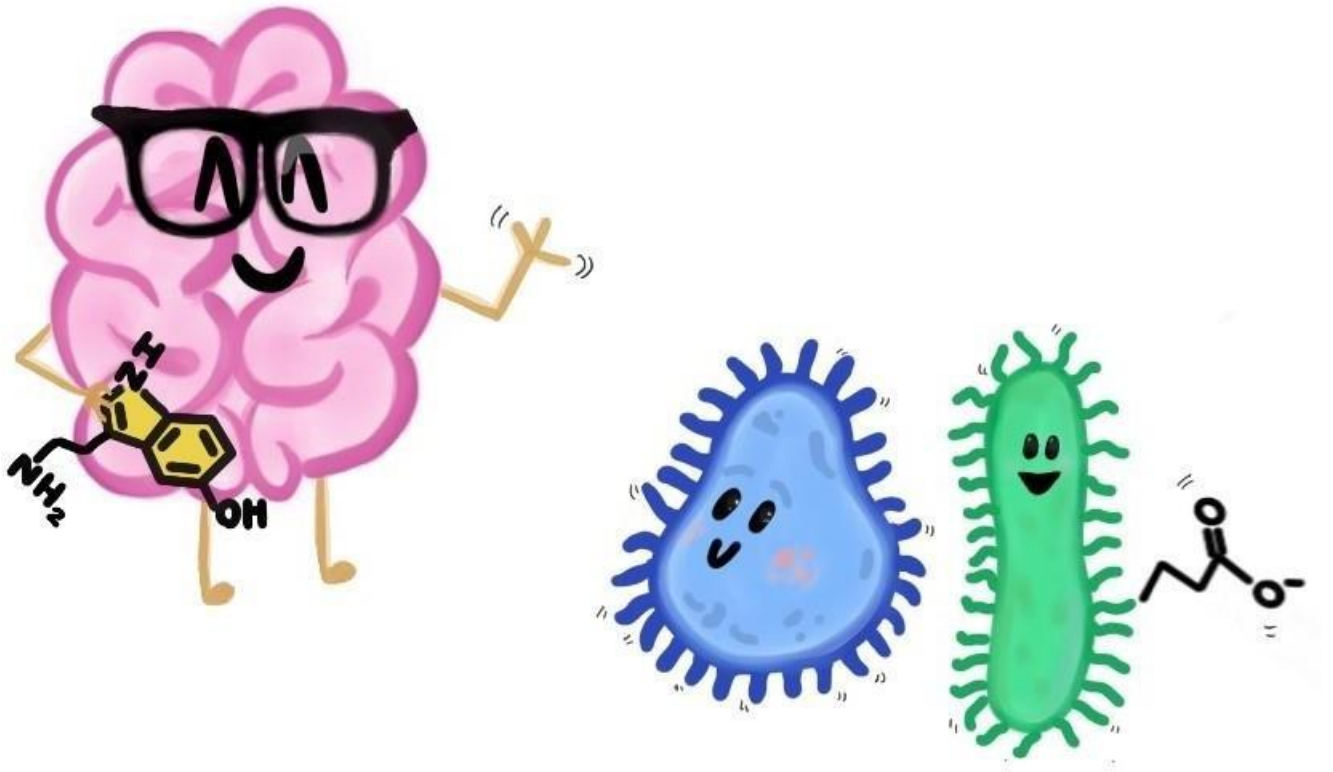


## El eje intestino-cerebro

*Mamá, ¿qué quiere decir la gente cuando dice que sigas a tus tripas?  
¿Pueden pensar las tripas?*



**Avril Metcalfe-Roach**

Laboratorios Michael Smith, Universidad de Columbia Británica, Vancouver, Canadá

# Un marco educativo de microbiología centrado en el niño

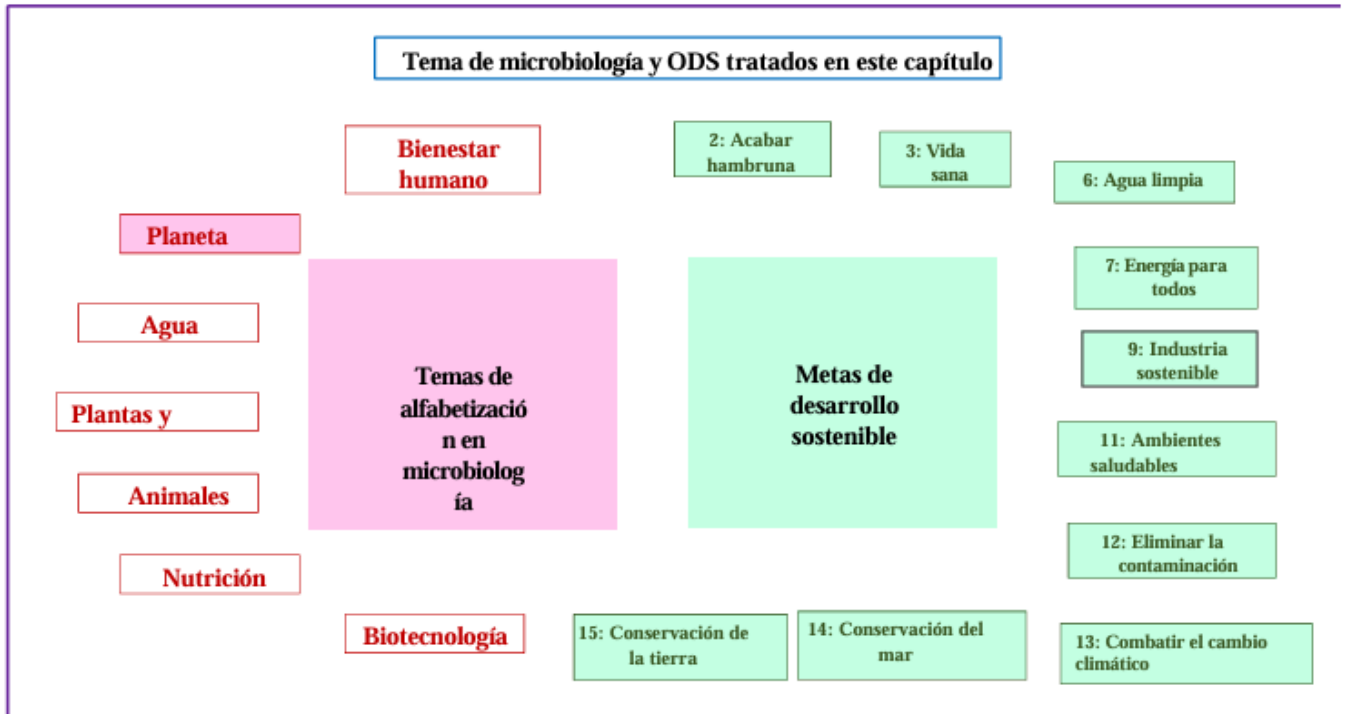
## El eje intestino-cerebro

### Contexto

Los organismos microscópicos, o **microbios**, son muy incomprendidos. Todo el mundo sabe que los microbios causan infecciones y enfermedades; por eso nos lavamos las manos después de ir al baño y antes de comer. Aunque es cierto que algunas especies de microbios causan enfermedades, sólo unos 1.400 tipos de microbios y **virus** son **patógenos** (dañinos) para el ser humano, lo que supone mucho menos del 1% de todos los microbios del planeta. La inmensa mayoría de los microbios no suponen ninguna amenaza para los seres humanos; de hecho, dependemos de los microbios que viven dentro de nuestros intestinos para que nos ayuden a regular una serie de funciones como el sueño, el control muscular, la digestión y el estado de ánimo. Pero: las relaciones poco saludables con nuestros microbios pueden provocar problemas de salud, como **enfermedades neurodegenerativas** y comportamientos adictivos. Por esta razón, es muy importante que nos cuidemos comiendo alimentos sanos y haciendo ejercicio, ya que esto ayuda a favorecer el crecimiento de microbios beneficiosos. Comprender el papel que desempeñan los microbios en nuestra salud general nos ayudará a diseñar nuevas terapias **probióticas** que reduzcan las enfermedades y creen sociedades más sanas y felices.

### La microbiología y el contexto social

*La microbiología:* la microbiota intestinal; microbios intestinales y actividades cerebrales; microbios intestinales y trastornos neurológicos y neurodegenerativos; adicción; la alimentación influye en la diversidad de los microbios intestinales; perturbación de la diversidad del microbioma por antibióticos; resistencia a los antibióticos; ejercicio y microbioma; probióticos y prebióticos.  
*Cuestiones de sostenibilidad:* salud; alimentación y energía; economía y empleo.



## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

### El eje intestino-cerebro: la microbiología

**1. Tu intestino alberga billones de microbios.** Los microbios están por todas partes: en el parque, en tu comida e incluso en tu intestino. La inmensa mayoría de estos organismos microscópicos no son perjudiciales para el ser humano, y los de tu intestino no son una excepción; de hecho, a cambio de parte de la comida que ingerimos y de un lugar al que llamar hogar, trabajan alegremente muy duro para producir una variedad de nutrientes importantes que no podemos producir por nosotros mismos. Esto se conoce como una **relación simbiótica mutualista**, ya que tanto nosotros como nuestros microbios nos beneficiamos de la interacción.

En conjunto, estos microbios forman un ecosistema llamado **microbioma**. Al igual que una selva tropical, estos microbiomas se encuentran en su estado más saludable cuando están llenos de especies diversas. Un microbioma sano tiene hasta mil especies diferentes de microbios en cantidades variables, lo que hace que cada microbioma sea tan único como una huella dactilar. Esto garantiza que no quede ningún **nicho ecológico** sin cubrir. Dado que cada microbio consume y produce un conjunto ligeramente diferente de moléculas, tener una gran diversidad garantiza que la "caja de herramientas" de moléculas de su microbioma también sea lo más diversa posible, asegurando que su cuerpo (y su microbioma) reciban todos los componentes que necesitan para prosperar. Un microbioma diverso también puede recuperarse más fácilmente de tratamientos como los antibióticos y resistir a las infecciones, en parte porque no hay nichos disponibles que el microbio patógeno pueda ocupar y monopolizar.

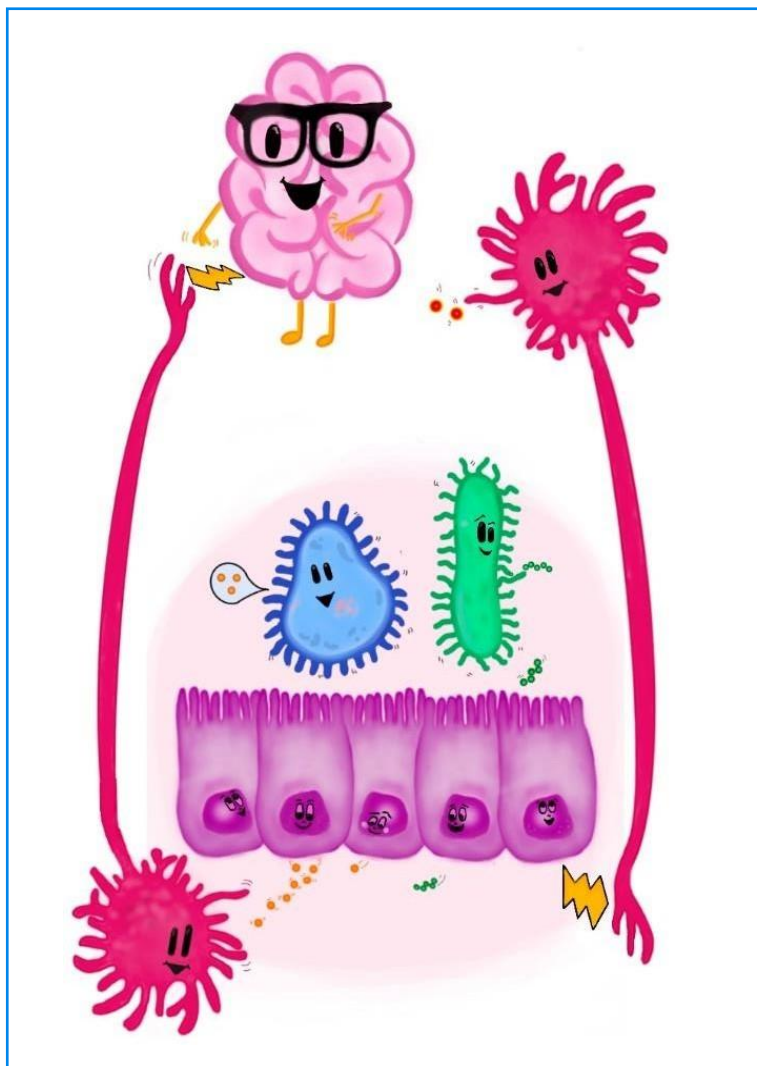
Aunque la implantación de prácticas higiénicas como el lavado de manos frecuente ha reducido drásticamente la incidencia de muchas enfermedades terribles, una consecuencia no deseada de nuestras sociedades cada vez más higiénicas ha sido que nuestros microbiomas son cada vez menos diversos. Por suerte, esto puede contrarrestarse añadiendo diversidad microbiana de otras maneras, como teniendo un perro (véase Pet Dogs de Timmis et al para un tratamiento más detallado de este tema), comiendo una mayor variedad de alimentos y jugando al aire libre.

**2. Las neuronas actúan como una autopista de información entre el intestino y el cerebro.** *Follow your gut, gut-wrenching, a gut feeling...* el idioma inglés tiene varias de estas frases centradas en las tripas, y parece implicar que éstas tienen un **cerebro** propio. Aunque no sea capaz de aprobar un examen de matemáticas, tiene una red de **neuronas**. Aunque sólo miden una fracción de milímetro de ancho, estas células pueden llegar a medir hasta un metro de largo. La "cabeza" de la célula (llamada **soma**) tiene un aspecto similar al de otras células, pero presenta un largo saliente en forma de cuerda que le confiere su increíble longitud. Varias proyecciones más pequeñas reciben señales del cerebro, la médula espinal u otras neuronas; otras proyecciones envían señales. De este modo, el cerebro puede enviar constantemente instrucciones a la mayoría de las partes del cuerpo y recibir de ellas información sobre su entorno.

Hay un cierto grupo de neuronas que se extiende desde el cerebro y envuelve intrincadamente el **tracto gastrointestinal**. Estas neuronas, denominadas colectivamente **sistema nervioso entérico**, son las responsables de que el intestino funcione correctamente. A veces se le llama el "segundo cerebro", ya que puede actuar independientemente del cerebro de la cabeza; sin embargo, el cerebro y el sistema nervioso entérico se envían señales constantemente a través del **nervio vago**, una cadena de células neuronales que actúa como autopista de la información (recuadro 2). Algunas de estas señales están relacionadas con la comida, como la indicación al cerebro de que tiene hambre o está lleno, pero cada vez hay más pruebas de que nuestros intestinos pueden influir en una amplia gama de pensamientos y comportamientos, e incluso en

## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

la salud del cerebro.



### Cuadro 2: Eje intestino-cerebro.

Algunos microbios son capaces de producir moléculas importantes por sí mismos, mientras que otros indican a las células intestinales que produzcan determinadas moléculas en su lugar. Algunas de estas moléculas pueden viajar al cerebro a través del torrente sanguíneo, afectando a una serie de funciones neurológicas; otras pueden comunicarse con el cerebro enviando señales eléctricas a través de los nervios.

Pero ¿de dónde proceden estas señales? Aunque algunas de ellas son producidas por nuestras propias células, cada vez hay más pruebas de que muchas de estas señales son productos de nuestro microbioma. Comprender cómo interactúan estas señales microbianas con el cerebro nos ayudará a optimizar nuestros microbiomas para mejorar nuestro estado de ánimo, combatir las adicciones y reducir la tasa de **enfermedades neurodegenerativas**, lo que redundará en sociedades más felices y sanas.

**3. Los microbios del tracto intestinal son responsables de la producción de muchas moléculas importantes, entre ellas algunas que afectan al estado de ánimo.** La **dopamina** y la **serotonina** suelen considerarse sustancias químicas "felices", ya que su liberación en el cerebro produce una sensación de bienestar y mejora el estado de ánimo. De hecho, ambas moléculas desempeñan un papel importante en una amplia gama de funciones biológicas: por ejemplo, la dopamina controla la función muscular, la serotonina ayuda a digerir los alimentos y ambas

## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

moléculas contribuyen a regular el sueño. Estas moléculas, junto con muchas otras, se transmiten entre las neuronas como forma de comunicación, y se denominan colectivamente *neurotransmisores*. De este modo, el cerebro puede recibir información sobre su entorno y reaccionar ante ella, a menudo en forma de emoción. Cada neurotransmisor tiene una función papel: algunos, como la melatonina, pueden provocar sueño, mientras que otros, como la adrenalina, pueden dar un subidón de energía.

A pesar de su asociación con el cerebro, en el intestino se produce una amplia gama de neurotransmisores (Recuadro 2). Hasta el 90% de la serotonina es producida por las células que recubren los intestinos; increíblemente, si no hay microbios intestinales presentes (como es el caso de los ratones libres de gérmenes, que se crían meticulosamente en instalaciones especiales libres de microbios), entonces estas células producen sólo un tercio de la serotonina que producen normalmente. Tener niveles más bajos de serotonina en el intestino puede causar depresión, ansiedad e incluso problemas gastrointestinales. Otros neurotransmisores son producidos directamente por los microbios intestinales, como la dopamina. A la inversa, algunos microbios intestinales también pueden consumir neurotransmisores, reduciendo la cantidad disponible para el cerebro. En general, tener un microbioma lleno de bacterias beneficiosas puede ayudar a mantener la producción y el consumo de neurotransmisores a un ritmo saludable y constante, lo que se traduce en una mejor regulación del estado de ánimo y en personas más felices.

**4. Los cambios en el microbioma intestinal se han asociado a diversas enfermedades neurodegenerativas.** Las neuronas suelen ser células muy longevas y ayudan a formar las vías (llamadas sinapsis) que el cerebro utiliza para establecer conexiones y formar recuerdos. A medida que envejecemos, las neuronas y las sinapsis dejan de funcionar correctamente. Esto da lugar a olvidos, que son muy frecuentes en la edad adulta: probablemente tenga abuelos que pierden continuamente las gafas o las llaves. Sin embargo, hay algunos trastornos en los que las neuronas mueren o dejan de funcionar a un ritmo acelerado. Estas afecciones se clasifican como enfermedades neurodegenerativas. Cada tipo de enfermedad neurodegenerativa tiene un objetivo ligeramente distinto y, por tanto, puede tener efectos diferentes: por ejemplo, la enfermedad de Alzheimer provoca principalmente pérdida de memoria, mientras que la enfermedad de Parkinson afecta sobre todo a la capacidad de la persona para controlar sus músculos.

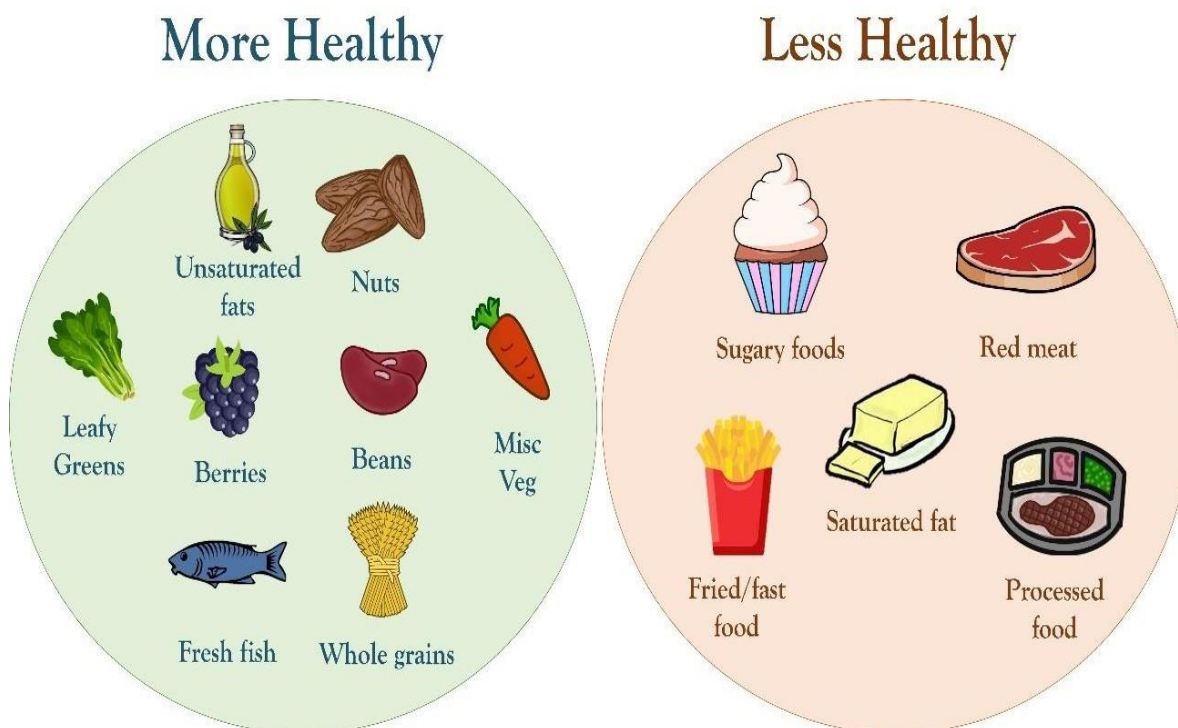
Sorprendentemente, el microbioma intestinal se ha relacionado cada vez más con las enfermedades neurodegenerativas en la última década, donde ciertos tipos de bacterias son más o menos comunes en personas con diferentes enfermedades. En algunas enfermedades como el Parkinson, los pacientes pueden empezar a desarrollar síntomas gastrointestinales como el estreñimiento ¡varias décadas antes de su diagnóstico! No se sabe a ciencia cierta si determinados microbios contribuyen a causar enfermedades neurodegenerativas o si el microbioma responde simplemente a cambios en su entorno relacionados con la enfermedad, pero se está trabajando mucho para deducir la respuesta. Las personas a las que se diagnostica una enfermedad neurodegenerativa a menudo deben dejar de trabajar y pueden requerir una atención médica costosa, que implica medicación y asistencia personal a tiempo completo. Esto puede ser económicamente devastador para el individuo y su familia, y puede suponer una gran presión financiera para la sociedad en su conjunto. Las enfermedades neurodegenerativas son cada vez más comunes a medida que envejece la población mundial, pero en el futuro quizá podamos reducir los índices de estas enfermedades alterando los niveles de ciertos microbios en el microbioma intestinal.

## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

5. *Diferentes alimentos alimentan a diferentes microbios.* En cualquier momento, hay miles de millones de microbios viviendo en el intestino humano, que comprenden miles de especies diferentes. Cada especie contribuye al microbioma de forma ligeramente distinta y, al igual que los humanos, suelen tener necesidades alimentarias muy diferentes. Por ejemplo, la fibra (presente en cereales integrales, frutas y verduras) no es digerible por los humanos, pero es una fuente de alimento primordial para muchos microbios intestinales. Estos microbios convierten la fibra en energía y, a su vez, nos proporcionan moléculas conocidas como ácidos grasos de cadena corta. Al igual que los neurotransmisores, estas moléculas ayudan a las células a comunicarse entre sí y con el cerebro. Para varios trastornos neurológicos como el Parkinson y el autismo (un trastorno del desarrollo que hace que las interacciones sociales y la comunicación desafiantes), las personas con el trastorno tienden a tener niveles de ácidos grasos de cadena corta diferentes de los que se encuentran en las personas neurotípicas, lo que sugiere que estas moléculas -y, por extensión, el microbioma y la dieta de la persona- pueden influir en el desarrollo o la progresión del trastorno. Con unas tasas de enfermedades y trastornos neurológicos en aumento, se necesitan desesperadamente medidas preventivas. La aplicación de cambios dietéticos que promuevan la salud cerebral puede constituir un método atractivo para reducir la carga de morbilidad, ya que es ampliamente accesible para el público en general y no requiere medicación (recuadro 3).

### Cuadro 3: Dietas neuroprotectoras y neurorestauradoras

En general, comer alimentos sanos ayuda a promover el crecimiento de microbios beneficiosos, que a su vez nos proporcionan nutrientes saludables que favorecen la salud del cerebro y del cuerpo. Se han creado varias dietas que reducen la tasa y la progresión de ciertas enfermedades neurodegenerativas, y funcionan aumentando la ingesta dietética de una variedad de alimentos saludables para el cerebro, como las verduras de hoja verde, el pescado y los cereales integrales, al tiempo que se reducen las cantidades de alimentos menos saludables, como los fritos o azucarados, las hamburguesas y otras carnes rojas, y los alimentos procesados, como las cenas televisadas. Se cree que parte de su éxito se debe al impacto de las dietas en el microbioma, aunque aún se están investigando los detalles de este impacto. Además de los beneficios neurológicos, estas dietas también reducen la tasa de otras dolencias, como las cardiopatías, lo que se traduce en una población más sana en general.



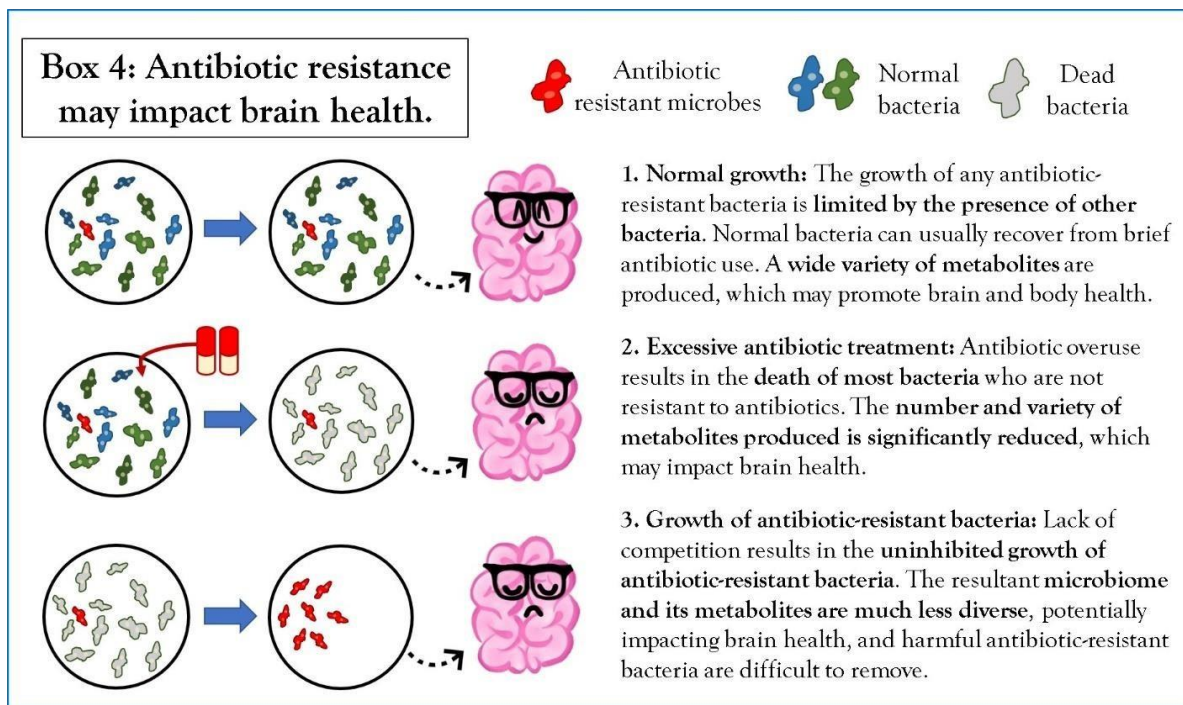
## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

**6. Los cambios en el microbioma pueden influir en la capacidad atlética.** Los atletas profesionales hacen todo lo posible por optimizar su salud general, lo que incluye comer alimentos ricos en nutrientes, mantener rigurosos programas de entrenamiento y minimizar toda exposición a otras cosas perjudiciales como el humo del tabaco o el consumo excesivo de alcohol. Como resultado, los atletas tienen metabolismos impresionantemente eficientes y un rendimiento muscular optimizado. Como se describe en el apartado 5, los distintos alimentos alimentan a diferentes microbios, todos los cuales proporcionan diferentes cantidades y tipos de energía, vitaminas y nutrientes. Además, algunos microbios pueden contribuir de forma indirecta al rendimiento atlético facilitando una recuperación más rápida después del entrenamiento y reduciendo la inflamación. Un microbioma optimizado para proporcionar la mayor cantidad posible de recursos beneficiaría enormemente a los deportistas, ya que estos recursos adicionales pueden permitirles ser más competitivos.

También hay cada vez más pruebas de que el propio ejercicio puede ayudar a promover un microbioma sano y eficiente: múltiples estudios han descubierto que las personas que hacen más ejercicio tienen una mayor diversidad del microbioma y mayores proporciones de microbios beneficiosos. Aunque actualmente no se conocen bien las causas de estos cambios microbianos, comprender el impacto que el microbioma puede tener en la capacidad atlética puede conducir a regímenes dietéticos y de ejercicio mejores y más personalizados. Esto podría ayudar a mejorar el rendimiento atlético profesional o incluso el control motor y la resistencia de las personas mayores, con discapacidades físicas o que se recuperan de lesiones.

**7. El uso de antibióticos puede afectar al cerebro.** Proporcionamos energía a nuestros microbios intestinales comiendo una amplia variedad de alimentos sanos, y a cambio ellos nos aportan **vitaminas** y otros **nutrientes**. Pero ¿qué ocurre si se pierden estos microbios? Es bien sabido que el uso excesivo de **antibióticos** está provocando que los microbios **patógenos** se vuelvan resistentes a los antibióticos, pero otro efecto secundario menos conocido del uso de antibióticos es que los microbios beneficiosos también se pierden del microbioma. Aunque sin duda es importante utilizar antibióticos para prevenir o tratar infecciones bacterianas que el organismo no puede vencer por sí solo, su uso puede tener efectos a largo plazo sobre el número y la variedad de microbios del intestino. Esto puede afectar profundamente a su producción de nutrientes y moléculas de señalización, como los neurotransmisores o los ácidos grasos de cadena corta. Esto no sólo puede causar síntomas como estreñimiento o **diarrea**, sino que también puede afectar al comportamiento del cerebro. Los ratones a los que se administraron antibióticos mostraron deterioro de la memoria y signos de **depresión**, lo que sugiere que el microbioma intestinal es necesario para una salud cognitiva y una felicidad óptimas. Al reducir al mínimo el uso de antibióticos, damos un paso importante para garantizar su eficacia y que nuestro microbioma intestinal produzca tantas moléculas beneficiosas como sea posible (recuadro 4).

## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez



**8. Los microbios pueden desempeñar un papel en los comportamientos adictivos.** Todos tenemos libre albedrío, pero a veces el impulso de hacer algo puede ser muy fuerte, independientemente de si *debemos* hacerlo o no. Ya se trate de alimentos azucarados, juegos de azar, etc. (o, en el caso de los adultos, quizá el juego o el alcohol), muchas personas luchan contra las adicciones en algún momento de su vida. Uno de los factores de riesgo más importantes para desarrollar una adicción es el estrés, cuando la actividad o sustancia adictiva se utiliza inicialmente como mecanismo de afrontamiento. El efecto del estrés varía mucho de una persona a otra: la misma situación estresante puede causar poca o ninguna respuesta en algunas personas, mientras que otras se ven muy afectadas. Curiosamente, algunas de estas diferencias pueden deberse a la microbiota. Los ratones criados sin microbioma presentaban mayores niveles de hormonas del estrés, lo que indica que un microbioma sano podría limitar el efecto del estrés en el organismo y ayudar a prevenir la formación de tendencias adictivas.

También hay pruebas de que la modulación del microbioma puede ayudar a las personas a recuperarse de la adicción. Cuando una persona participa en su adicción se libera dopamina, que está asociada al placer y ayuda a reducir las hormonas del estrés. Además, varias enfermedades neurológicas relacionadas con la dopamina, como la enfermedad de Parkinson y la esquizofrenia (una afección neurológica que provoca alucinaciones visuales y/o auditivas), se han relacionado anteriormente con el microbioma. Si se comprende el papel que desempeña el microbioma en la regulación de la dopamina, tal vez sea posible aprovechar el microbioma para reducir la dependencia de cualquier adicción, lo que conduciría a recuperaciones más satisfactorias. En general, la adicción es uno de los problemas mentales más frecuentes hoy en día, y comprender la implicación del microbioma nos deja un paso más cerca de su tratamiento y prevención.



## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

### Relevancia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los Grandes Retos

El eje intestino-cerebro está relacionado con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible, entre ellos los siguientes:

- **Objetivo 2. Acabar con el hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.** Educar al público sobre los alimentos saludables para el cerebro y los intestinos generará grandes dividendos con el tiempo, ya que la población en general estará más sana y disminuirán las tasas de muchas enfermedades relacionadas con la microbiología. Aumentar el consumo de verduras y reducir el de carne roja disminuirá nuestra huella agrícola global. Apoyar los productos cultivados localmente fomentará la agricultura sostenible y estimulará la economía local.

- **Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.** Cuidando nuestros microbios intestinales, nos cuidamos a nosotros mismos. Es importante comer alimentos sanos, tomar antibióticos sólo por prescripción médica y asegurarse de que la comida rápida y el azúcar sigan siendo un capricho ocasional. Estas sencillas pero significativas pautas no sólo le ayudarán a mejorar su estado de ánimo y a mantener una buena capacidad cognitiva, sino que, en general, le garantizarán que aprovecha todo el poder de su microbioma para maximizar su salud general.

- **Objetivo 8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.** El desarrollo de una enfermedad neurodegenerativa puede ser devastador tanto para el individuo como para sus familias. La persona con la enfermedad a menudo no puede trabajar y puede necesitar un cuidador a tiempo completo, que a menudo se convierte en el trabajo de un miembro de la familia. En consecuencia, cada diagnóstico suele afectar a dos carreras profesionales, aparte del sufrimiento personal que conlleva. Cualquier método de prevención de las enfermedades neurodegenerativas permitirá a más personas continuar con sus carreras, lo que redundará en un mayor empleo y en una sociedad más fuerte y feliz.

- **Objetivo 12. Garantizar modelos de consumo y producción sostenibles.** Reducir nuestro consumo de antibióticos es un paso fundamental para garantizar que nuestros antibióticos sigan siendo eficaces y que nuestras comunidades microbianas sigan siendo ricas y florecientes.

### Posibles implicaciones para las decisiones

#### 1. Individual

- a. Limitar el uso de antibióticos (equilibrar el uso adecuado con el uso excesivo, elegir alternativas a los antibióticos).

- b. Mejorar la dieta (qué cambios dietéticos pueden hacerse para garantizar que el microbioma esté bien alimentado?)

- c. Aumentar la exposición microbiana saludable (mejorar el microbioma a través de pro- y prebióticos)

- d. *Parámetros no microbianos: beneficios generales para la salud de una dieta mejorada, coste económico de una dieta alta en micronutrientes, etc.*  
*dieta/suplementos de calidad, medicamentos/terapias alternativas para afecciones neurológicas*

#### 2. Políticas comunitarias

- a. Promoción de productos locales (mayor consumo de frutas y verduras).

## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

b. Aplicación de normas de higiene razonables (reducción del uso de antibióticos, exposición a microbios sanos)

c. *Parámetros no microbianos: costes sanitarios asociados a los centros de cuidados de larga duración (los pacientes con trastornos neurodegenerativos no siempre pueden ser atendidos por familiares), recursos disponibles para combatir las afecciones neurológicas.*

### 3. Políticas nacionales

- a. Costes sanitarios de las enfermedades neurodegenerativas, los trastornos del estado de ánimo y las adicciones
- b. Programas nacionales de discapacidad (carreras abandonadas debido a discapacidades/afecciones mentales)
- c. Mejora de la salud de la población en general
- d. Aumentar la educación pública sobre la dieta y el microbioma y su impacto a la salud a largo plazo.
- e. Mejora de las directrices de uso de antibióticos y concienciación pública sobre su uso adecuado
- f. *Parámetros no microbianos: Actualización de las directrices nacionales sobre grupos de alimentos, subvención de determinados industrias alimentarias*

## Participación de los alumnos

1. *Debate en clase sobre las consideraciones asociadas al eje intestino-cerebro.*

2. *Sensibilización de los alumnos*

a. La existencia del eje intestino-cerebro repercute en varios ODS. ¿Cuáles son los más importantes para usted personalmente o como clase?

b. ¿Qué medidas puede tomar para reducir el consumo de antibióticos? (*Lávese las manos después de ir al baño, no tome antibióticos cuando esté enfermo por un virus, termine siempre el tratamiento completo de antibióticos cuando se lo prescriban para evitar tanto un rebrote de la infección original como la necesidad de un segundo tratamiento/antibiótico, etc.*).

c. ¿Qué se podría hacer para animar a la gente a consumir alimentos más respetuosos con los microbios? (*Mejor educación pública, programas alimentarios, subvenciones, etc.*)

3. *Ejercicios*

a. Algunos países y regiones han empezado a aplicar impuestos adicionales a las bebidas azucaradas y los dulces en un esfuerzo por reducir su consumo. ¿Crees que es una forma eficaz de promover una alimentación sana? ¿Por qué sí o por qué no? ¿Qué otros métodos podrían aplicarse?

b. Haz una lista de cinco alimentos envasados habituales que consuma tu familia (barritas de cereales, zumo, pasta y salsa para pasta, etc.). Una vez en casa, anota la cantidad de azúcar presente en cada alimento y calcula el número de gramos que consumirías en una comida típica que contuviera cada uno de ellos. ¿Qué alimentos contribuyen más a tu consumo de azúcar?

i. Alternativa: intente realizar el mismo ejercicio con alimentos de aperitivo y grasas saturadas (patatas fritas, galletas, hamburguesas, etc.).

ii. Para alumnos mayores: Para cada alimento, calcula el porcentaje de calorías (o gramos) que proceden del azúcar. ¿Qué alimentos contienen la mayor proporción de

## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

azúcar respecto a otros ingredientes?

c. Puede ser difícil sentirse motivado para cuidar el microbioma, ya que no se puede ver directamente y el efecto sobre la salud no siempre es inmediato. ¿Cuáles son algunas formas de motivar a las personas para que desarrollen hábitos a largo plazo que maximicen la salud de su microbioma?

d. Muchas personas experimentan altos niveles de estrés de forma habitual. Aparte de cuidar nuestro microbioma, ¿cuáles son algunas formas saludables de evitar situaciones estresantes o reducir su impacto en nuestro bienestar?

### Base empírica, lecturas complementarias y material didáctico

#### 1. *Microbioma: Conocimientos generales*

- Finlay, B. B. & Finlay, J. M. (2019) *El microbioma de todo el cuerpo: Cómo aprovechar los microbios -por dentro y por fuera- para una salud de por vida*. Douglas & McIntyre.
- <https://www.hopkinsmedicine.org/health/wellness-and-prevention/the-brain-gut-conexión>
- <https://www.healthline.com/nutrition/gut-brain-connection#section1>
- Quigley, E.M.M. Eje microbiota-cerebro-intestino y enfermedades neurodegenerativas. *Curr Neurol Neurosci Rep* 17, 94 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11910-017-0802-6>

#### 2. *Neuronas: Conocimientos generales*

- <https://www.medicalnewstoday.com/articles/320289#synapses>
- <https://ecampusontario.pressbooks.pub/testbookje/chapter/neurons/>
- <https://www.verywellmind.com/what-is-a-neuron-2794890>

#### 3. *Microbios y estado de ánimo*

- <https://www.health.harvard.edu/blog/gut-feelings-how-food-affects-your-mood-2018120715548>
- <https://atlasbiomed.com/blog/gut-brain-axis-disease-mental-health-influence/>
- <https://www.bbc.com/future/article/20190218-how-the-bacteria-inside-you-could-affect-su-salud-mental>
- Rieder, R., Wisniewski, P. J., Alderman, B. L., & Campbell, S. C. (2017). Microbios y salud mental: una revisión. *Cerebro, comportamiento e inmunidad*, 66, 9-17. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2017.01.016>
- Foster, J. A., y Neufeld, K. A. M. (2013). Eje intestino-cerebro: cómo influye el microbioma en la ansiedad y la depresión. *Trends in neurosciences*, 36(5), 305-312. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2013.01.005>

#### 4. *Microbios y enfermedades neurodegenerativas*

- <https://www.news-medical.net/health/Gut-brain-axis-and-neurodegenerative-disorders.aspx>
- <https://www.nature.com/articles/d42859-019-00005-3>
- Radisavljevic, N., Cirstea, M., & Brett Finlay, B. (2019). Hasta el fondo: el papel de la microbiota intestinal en la salud del cerebro. *Environmental microbiology*, 21(9), 3197-3211. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14506>

#### 5. *Microbios y nutrición*

- <https://www.medicalnewstoday.com/articles/mediterranean-diet-linked-to-gut-microbiome->

## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

[mejoras](#)

- <https://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/in-profundidad/mejorar-la-salud-cerebral-con-la-dieta-de-la-mente/art-20454746>
- <https://www.health.harvard.edu/blog/gut-feelings-how-food-affects-your-mood-2018120715548>
- <https://microbiomepost.com/the-role-of-short-chain-fatty-acids-in-the-gut-brain-axis/>
- Mörkl, S., Wagner-Skacel, J., Lahousen, T., Lackner, S., Holasek, S. J., Bengesser, S. A., ... & Reininghaus, E. (2020). El papel de la nutrición y el eje intestino-cerebro en psiquiatría: una revisión de la literatura. *Neuropsychobiology*, 79(1-2), 80-88. <https://doi.org/10.1159/000492834>
- Jackson, A., Forsyth, C. B., Voigt, R., Engen, P. A., Ramírez, V., Shaikh, M., & Keshavarzian, A. (2019). Dieta en la enfermedad de Parkinson: Papel crítico para el microbioma. *Frontiers in neurology*, 10, 1245. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.01245>

### 6. *Microbios y atletismo*

- Mohr, A. E. et. al (2020). The athletic gut microbiota. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17, 24. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00353-w>
- Hughes, R. L. (2020). Una revisión del papel del microbioma intestinal en la nutrición deportiva personalizada. *Frontiers in nutrition*, 6, 191. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00191>
- Mach, N., y Fuster-Botella, D. (2017). Ejercicio de resistencia y microbiota intestinal: Una revisión. *Revistade Sport and Salud*, 6(2), 179-197. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.05.001>
- Carmody, R. N., & Baggish, A. L. (2019). Working out the bugs: microbial modulation of athletic performance. *Nature Metabolism*, 1(7), 658-659. <https://www.nature.com/articles/s42255-019-0092-1>

### 7. *Los antibióticos y su uso excesivo*

- <https://kidshealth.org/en/parents/antibiotic-overuse.html>
- <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>
- Shallcross, L. J., & Davies, D. S. C. (2014). Antibiotic overuse: a key driver of antimicrobial resistance. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4240113/>
- Zhang, S., & Chen, D. C. (2019). Frente a un nuevo desafío: los efectos adversos de los antibióticos en la microbiota intestinal y la inmunidad del huésped. *Chinese medical journal*, 132(10), 1135. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6511407/>

### 8. *Microbios y adicción*

- <https://www.psychologytoday.com/us/blog/science-choice/201705/stress-and-addiction>
- Foster, J. A., Rinaman, L., & Cryan, J. F. (2017). Estrés y el eje intestino-cerebro: regulación por el microbioma. *Neurobiología of estrés*, 7, 124-136. <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2017.03.001>
- Meckel, K. R., & Kiraly, D. D. (2019). Un papel potencial para el microbioma intestinal en los trastornos por consumo de sustancias. *Psychopharmacology*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s00213-019-05232-0>

## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

### Glosario

**Adicción:** deseo habitual y obligatorio de una sustancia o actividad. Algunos ejemplos son el azúcar, las compras y los videojuegos.

**Adrenalina:** hormona que aumenta el flujo sanguíneo y prepara al organismo para el esfuerzo. Se produce en altos niveles en momentos de estrés.

**Enfermedad de Alzheimer:** enfermedad neurodegenerativa caracterizada principalmente por la pérdida progresiva de memoria y el deterioro de la cognición.

**antibióticos:** moléculas que provocan la muerte de microbios o inhiben su reproducción. Los antibióticos pueden ser de amplio espectro (dirigidos contra todos los microbios) o pueden dirigirse contra microbios con características específicas. **ansiedad:** trastorno del estado de ánimo caracterizado por un estrés físico y/o emocional excesivo, que incluye cambios en la tensión arterial y un aumento de la preocupación y la tensión.

**autismo:** espectro de trastornos neurológicos que se caracterizan por dificultades en las interacciones sociales, las normas de comportamiento y la comunicación verbal/no verbal.

**Estreñimiento:** deposiciones infrecuentes y/o difíciles.

**Mecanismo de afrontamiento:** estrategia adoptada para gestionar el estrés. Puede ser saludable (meditación, ejercicio) o no saludable (evitación del problema, comportamiento adictivo).

**Depresión:** trastorno del estado de ánimo caracterizado por una tristeza persistente y desinterés por las actividades cotidianas.

**Diarrea:** deposiciones frecuentes con alto contenido en agua.

**Carga de morbilidad:** término resumido que describe el impacto total de una enfermedad sobre la salud, las tasas de mortalidad, las lesiones y la discapacidad general.

**dopamina:** neurotransmisor que controla la función motora y refuerza comportamientos como consumir azúcar o jugar a videojuegos.

**nicho ecológico:** las condiciones en las que prospera una especie determinada y el papel que ésta desempeña en su entorno. Incluye información sobre todas las interacciones entre la especie y otros factores vivos y no vivos del entorno.

**Sistema nervioso entérico:** complejo circuito de células neuronales que envuelve los intestinos y regula su funcionamiento. Facilita la comunicación intestino-cerebro.

**Fibra:** hidratos de carbono no digeribles derivados del tejido vegetal. Ayuda a reducir el estreñimiento y favorece el crecimiento de bacterias productoras de ácidos grasos de cadena corta, que son microbios importantes para la salud humana.

**Tracto gastrointestinal:** todos los órganos que procesan alimentos y líquidos. Incluye la boca, la faringe (garganta), el esófago, el estómago, los intestinos delgado y grueso, el recto y el ano.

**Ratones libres de gérmenes:** ratones criados en un entorno estrictamente controlado y completamente libre de microbios. Estos ratones no tienen microbioma.

**microbio:** organismo vivo microscópico. La mayoría de los microbios presentes en el microbioma del intestino humano son procariotas -bacterias y arqueas, que son unicélula-; sin embargo, los microbios también incluyen protozoos, hongos, algas, amebas y mohos limosos.

**melatonina:** hormona que se comporta de forma similar a un neurotransmisor. Se produce por la noche y favorece el sueño, regulando así el ciclo sueño-vigilia.

**microbioma:** combinación de todos los organismos microbianos presentes en un entorno determinado. Los entornos pueden estar dentro (por ejemplo, la boca o los intestinos) o fuera del cuerpo (por ejemplo, el suelo o el agua). **Mutualismo:** relación simbiótica en la que ambos organismos se benefician de la interacción. Un ejemplo de mutualismo es la polinización de las flores

## Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

por las abejas: las abejas recogen el néctar y el polen de las flores. Las abejas recogen el néctar y el polen de las flores, lo que sirve para esparcir el polen de una planta a otra, necesario para la reproducción de las plantas. **enfermedad neurodegenerativa:** tipo de enfermedad que se produce por la muerte acelerada o el deterioro de las neuronas.

**Neuronas:** células especializadas que transmiten y reciben señales. Tipo de célula fundamental del cerebro y el sistema nervioso.

**neurotransmisor:** moléculas utilizadas por las células nerviosas para transmitir información.

**nutrientes:** moléculas esenciales para la vida y el crecimiento, como vitaminas, minerales y macromoléculas (proteínas, grasas, hidratos de carbono).

**Parasitismo:** relación simbiótica en la que un organismo se beneficia de la interacción y otro resulta perjudicado. Ejemplos de parásitos son los mosquitos, los virus y los percebes.

**Enfermedad de Parkinson:** enfermedad neurodegenerativa caracterizada principalmente por la pérdida progresiva de la función motora.

**patógeno:** término descriptivo de los microbios y virus que causan enfermedades.

**probiótico:** uno o más microbios beneficiosos que se consumen, normalmente como suplemento dietético, para promover el crecimiento de los microbios y mejorar la salud. Los alimentos fermentados suelen ser probióticos, como el kéfir, el yogur, el kimchi y el miso.

**Esquizofrenia:** trastorno neurológico que se caracteriza por alucinaciones visuales y/o auditivas. A menudo se producen cambios en los patrones de pensamiento y comportamiento, como aumento de la paranoia y retraimiento social.

**Serotonina:** neurotransmisor que ayuda a controlar el estado de ánimo, el sueño y la función

gastrointestinal. **Ácidos grasos de cadena corta:** derivados de componentes indigeribles de la dieta, como la fibra, y producidos por ciertas bacterias. Al igual que los neurotransmisores, son importantes moléculas de señalización que contribuyen a la comunicación intestino-cerebro.

**Soma:** el compartimento principal de una célula, que incluye el núcleo y todos los demás orgánulos. En una neurona, el soma está formado por todo excepto por las numerosas protuberancias en forma de rama de árbol que sirven para enviar y recibir rápidamente señales entre las células.

**especie:** grupo de organismos que comparten rasgos comunes y son capaces de reproducirse. Por ejemplo, la única especie humana existente en la actualidad es *el Homo sapiens*.

**Hormona del estrés:** hormonas, normalmente cortisol, que se producen en grandes cantidades en momentos de estrés. Estas hormonas provocan cambios en el estado de ánimo, el metabolismo y la tensión arterial que preparan al organismo para el esfuerzo. El estrés crónico suele provocar niveles elevados de hormonas del estrés, que pueden causar problemas de salud.

**Relación simbiótica:** estrecha asociación de dos entidades vivas. Ejemplos comunes son los seres humanos y sus microbiomas (donde ambos se benefician - véase *mutualismo*), y los perros y las pulgas (donde las pulgas se benefician y el perro sale perjudicado - véase *parasitismo*).

**Sinapsis:** lugar de interacción entre dos nervios o entre un nervio y una célula muscular. En este lugar se transmiten las señales.

**Nervio vago:** conjunto de dos nervios hermanos que van del cerebro al colon (intestino grueso) e interactúan con el corazón y los órganos gastrointestinales. Recibe señales de estos órganos y las transmite al cerebro.

**virus:** entidades submicroscópicas no vivas compuestas principalmente de material genético. Aunque no todos los virus son patógenos, todos deben infectar células vivas para crecer y/o reproducirse.

**vitaminas:** moléculas esenciales para la salud que el organismo no puede producir. Las fuentes de vitaminas incluyen la dieta y los microbios.