

Un marco educativo en microbiología centrada en la niñez

Los medicamentos, nuestra microbiota intestinal y nosotros

Tu abuela y mi abuela fueron tratadas con el mismo medicamento. ¿Por qué tu abuela se recupera más rápido que la mía?



Foto de Efrem Efre: <https://www.pexels.com/photo/women-sitting-on-bench-with-a-dog-12794999/>

Lucía Malvina Mágina y Michael Zimmermann

Laboratorio Europeo de Biología Molecular, Heidelberg, Alemania

Un marco educativo en microbiología centrada en la niñez

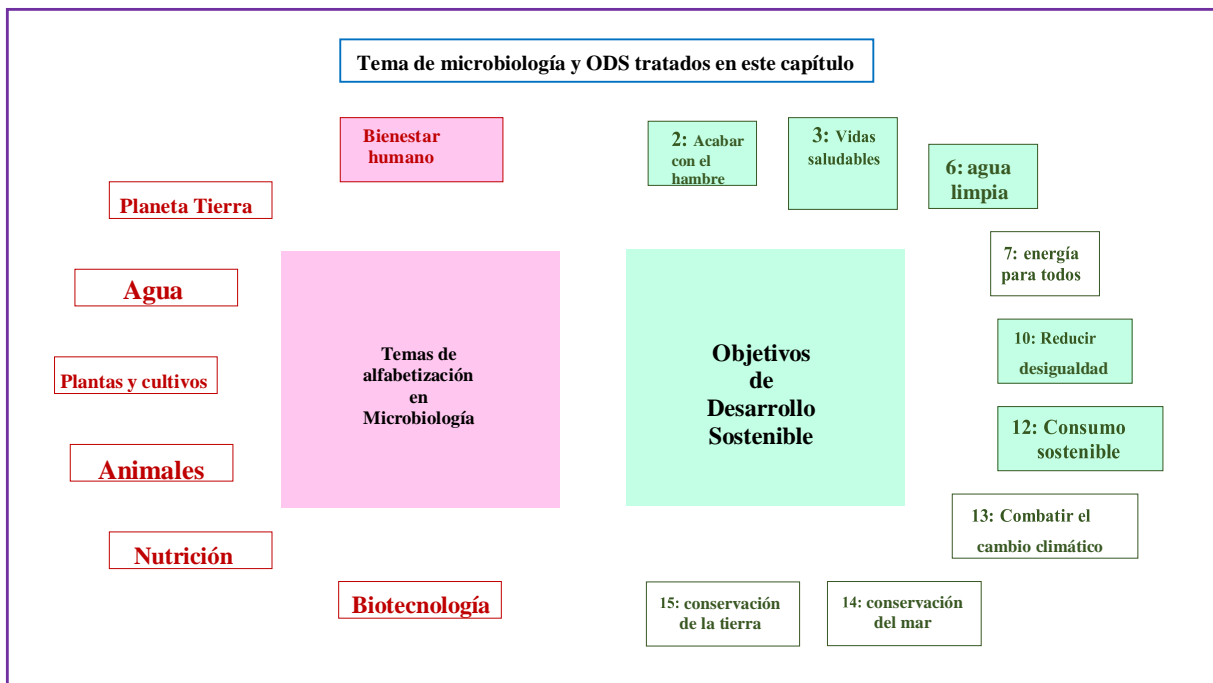
Los medicamentos y el microbioma

Línea temporal

Millones de microorganismos, conocidos colectivamente como nuestra "microbiota humana", viven en nuestro cuerpo y trabajan en conjunto con nuestras células para mantenernos sanos. Alrededor del 90% de estos microbios son bacterias, de las cuales la gran mayoría reside en el intestino. Cada persona alberga una comunidad microbiana intestinal única que ayuda a digerir los alimentos, produce vitaminas y nos protege de infecciones. Sin embargo, también se ha demostrado que las bacterias de nuestro intestino descomponen los medicamentos y, por lo tanto, cambian el efecto de estos en nosotros. Además, las bacterias intestinales pueden verse afectadas no sólo por los antibióticos sino también por otros medicamentos que tomamos. En esta lección, describimos lo que sabemos actualmente sobre la fascinante interacción entre los medicamentos y nuestra microbiota, y cómo este conocimiento puede usarse para cambiar la eficacia de los tratamientos médicos.

La microbiología y el contexto social

La microbiología: microbioma intestinal; influencia de los medicamentos en la composición y actividades de la microbiota intestinal; degradación de medicamentos por la microbiota intestinal; producción de nuevos metabolitos que nos afectan; *Cuestiones de sostenibilidad:* acabar con el hambre; vidas sanas; agua limpia; reducir la desigualdad; consumo sostenible.



Un marco educativo en microbiología centrada en la niñez

Los medicamentos y el microbioma: la Microbiología

- 1. Nuestros microbiomas.** Durante mucho tiempo, los microbios sólo fueron considerados una amenaza para la salud de los seres humanos, lo que dio lugar a que la investigación se centrara en las bacterias patógenas. A medida que aprendíamos más y más sobre los patógenos y cómo nos hacen enfermar, aumentaba nuestro miedo a los microbios. Mientras tanto, sin embargo, hemos aprendido que la mayoría de los microorganismos que viven en y sobre el cuerpo humano, conocidos colectivamente como la microbiota humana, no son perjudiciales, y muchos de ellos son de hecho beneficiosos. Esta comunidad microbiana está formada por 10-100 billones de células y contiene una enorme diversidad de bacterias, arqueas, virus y hongos. Colonizan superficies corporales internas y externas como el intestino, la piel, la mucosa oral y la conjuntiva.
- 2. La secuenciación del ADN es el facilitador de la investigación del microbioma.** La secuenciación del ADN es la tecnología que nos permite “leer” los genomas – sus secuencias de A, T, G y C – y descifrar para qué codifica cada gen. Gracias a los recientes avances en las tecnologías de secuenciación del ADN, nuestra comprensión del papel de la microbiota humana en nuestra salud ha mejorado enormemente. Por ejemplo, ahora es posible analizar el material genético presente en muestras de heces humanas (“caca”) e identificar las miles de especies microbianas presentes en el intestino. Este tipo de análisis permite describir cuántos tipos diferentes de microbios están presentes (diversidad microbiana) y su abundancia. Además, también es posible buscar la presencia de genes microbianos de interés (por ejemplo, genes que confieren resistencia a antibióticos). Utilizando estos métodos, los científicos descubrieron que alrededor del 90% de la microbiota humana son bacterias y que la mayoría de ellas viven en el tracto intestinal.

La microbiota intestinal, el uso de medicamentos y el desarrollo de genes de resistencia a los antimicrobianos.

El desarrollo de resistencia a los antimicrobianos (RAM) es una preocupación mundial que amenaza nuestra capacidad futura para luchar contra las enfermedades infecciosas. Esto animó a la Organización Mundial de la Salud (OMS) a proponer el “Plan de acción global sobre la resistencia a los antimicrobianos”. En este contexto, la microbiota intestinal de humanos y animales representa un reservorio importante de genes de resistencia a los antimicrobianos. Los patógenos podrían adquirir genes de RAM de bacterias intestinales mediante transferencia horizontal de genes (movimiento de material genético de un organismo a otro que no es su descendencia).

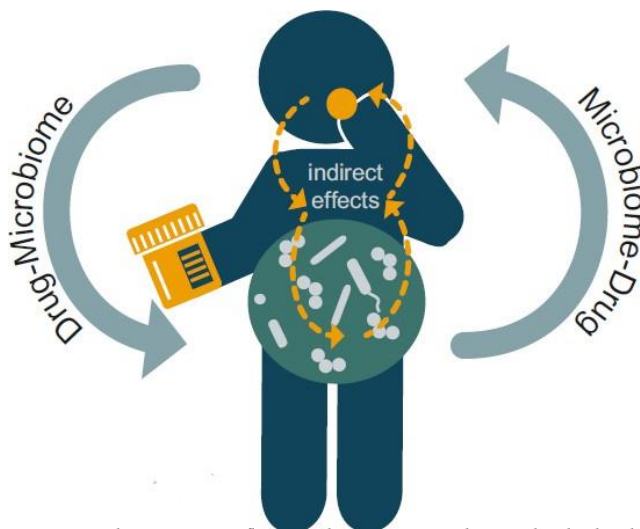
Una de las causas más comunes del desarrollo de RAM es el uso inadecuado y extensivo de medicamentos antimicrobianos. Sin embargo, actualmente se investiga el impacto de los fármacos no antibióticos en el desarrollo de la resistencia a los antimicrobianos. Un análisis reciente de secuenciación de ADN de muestras fecales humanas reveló que los medicamentos de uso común aumentan la abundancia de algunos genes de resistencia a los antimicrobianos. Esperamos que futuras investigaciones arrojen luz sobre la relación entre los medicamentos no antibióticos y el desarrollo de la resistencia a los antimicrobianos y que potencialmente deban considerarse como parte del plan de acción mundial para luchar contra la resistencia a los antimicrobianos (*consulte la sección Posibles implicaciones para las decisiones en este artículo.*).

Un marco educativo en microbiología centrada en la niñez

3. **Los microbiomas difieren de un individuo a otro: ¡el suyo es diferente del mío!** El número estimado de células bacterianas en nuestro organismo es al menos tan elevado como el de células humanas, lo que requiere interacciones reguladas entre nuestro organismo y las bacterias intestinales. De hecho, las bacterias intestinales pueden interactuar con las células humanas para influir directamente en su funcionamiento. Por ejemplo, las bacterias pueden digerir los alimentos que ingerimos o sintetizar vitaminas. También pueden protegernos de las infecciones impidiendo la colonización de patógenos y entrenando nuestro sistema inmunitario. Debido a la estrecha interacción entre la microbiota y su huésped humano, las alteraciones de la microbiota pueden tener un fuerte impacto en la salud humana.

Curiosamente, existe una enorme variación interpersonal en la composición de las bacterias intestinales entre los seres humanos y cada persona alberga una comunidad microbiana única. Lo que comemos o bebemos, los medicamentos que tomamos, pero también factores como nuestro estado de salud, estilo de vida y genética, parecen influir en la composición de nuestro microbioma. Aquí analizamos el impacto de esta diversidad en el contexto de los tratamientos farmacológicos.

Esquema de las interacciones recíprocas entre el huésped, los fármacos y la microbiota intestinal.



Izquierda: La ingesta de medicamentos puede tener una influencia directa en miembros individuales de la microbiota intestinal, pero también puede cambiar la composición y funcionalidad del microbioma a través de formas indirectas mediadas por el huésped (p. ej., cambios en el entorno intestinal, como el pH, debido a al uso de medicamentos). Derecha: Las bacterias intestinales pueden modificar y descomponer los medicamentos. Estas interacciones complejas podrían causar diferencias interpersonales en los resultados del tratamiento. Esquema adaptado de Zimmermann et al, 2021

4. **¿Cuál es la relación entre la microbiota intestinal y los medicamentos?** Los fármacos más utilizados se administran por vía oral y viajan a través del tracto gastrointestinal para ser absorbidos, normalmente en el intestino delgado. Una vez en el torrente sanguíneo, se distribuyen por todo el cuerpo y de ahí a su(s) tejido(s) diana, donde cumplen su función de hacernos mejorar. Finalmente, los fármacos son transportados al hígado, donde pueden descomponerse y luego ser eliminados a través de la orina o secretados de nuevo al intestino. Durante su paso por el intestino, los fármacos quedan expuestos a la enorme diversidad de microbios intestinales. Allí, los medicamentos, incluidos los antibióticos pero también los fármacos no antibióticos, pueden afectar directamente a estas bacterias intestinales inhibiendo su crecimiento. De hecho, el uso de medicamentos parece ser un motor importante de la pronunciada variación interpersonal en la composición del microbioma intestinal

Un marco educativo en microbiología centrada en la niñez

humano. Por otro lado, al igual que el hígado, las bacterias intestinales también son capaces de descomponer los fármacos médicos y, cuando lo hacen, modifican sus actividades en nuestro organismo. Esta interacción bidireccional fármaco-microbio puede tener importantes implicaciones en los tratamientos médicos.

5. ***La medicación modifica la composición de nuestro microbioma intestinal.*** No es de extrañar que los antimicrobianos, como los antibióticos, los antifúngicos o los antivirales, puedan afectar a nuestra microbiota, ya que están diseñados específicamente para inhibir los microorganismos. Como consecuencia de los tratamientos antibióticos, la composición del microbioma intestinal suele cambiar. Sorprendentemente, una amplia gama de fármacos no antibióticos dirigidos a las células humanas, como los antidiabéticos, los antipsicóticos, los antiinflamatorios y los laxantes, también pueden alterar la composición del microbioma intestinal tras su administración. Estas observaciones realizadas con pacientes también fueron confirmadas por experimentos en el laboratorio utilizando especies bacterianas aisladas expuestas a fármacos médicos. En estos experimentos, los científicos demostraron que muchos fármacos no antibióticos pueden inhibir el crecimiento de determinadas bacterias intestinales, mientras que otras cepas bacterianas no se ven afectadas.
6. ***¿Por qué los medicamentos no antibióticos afectan a las células microbianas?*** Aún no lo sabemos, pero los primeros indicios sugieren que estos fármacos pueden ser percibidos funcionalmente del mismo modo que los antibióticos, y tratados de forma similar. Por ejemplo, algunas especies bacterianas desarrollan resistencia a los antibióticos mediante la expresión de bombas de eflujo que transportan el antibiótico fuera de la bacteria, es decir, expulsan inmediatamente cualquier fármaco introducido en la célula. Estas bombas también pueden activarse como resultado de la exposición a fármacos no antibióticos, lo que hace que los microbios también sean resistentes a los no antibióticos. Las investigaciones futuras profundizarán nuestra comprensión del modo de acción de los fármacos no antibióticos en las células bacterianas, su impacto a nivel comunitario y cómo evitar cambios indeseados en la microbiota intestinal debido a su uso.
7. ***Nuestra microbiota intestinal puede descomponer los medicamentos.*** Investigaciones recientes sugieren que el metabolismo microbiano de los fármacos, es decir, la transformación química de un fármaco que tiene lugar en las células microbianas, es un fenómeno común. Cuando los fármacos llegan al intestino, pueden ser activados, inactivados o convertidos en otros compuestos (por ejemplo, productos tóxicos) por la actividad de los microbios intestinales. Esto ocurre porque las células microbianas intestinales contienen máquinas moleculares (enzimas) que modifican una amplia gama de moléculas, incluidos los hidratos de carbono complejos y las fibras presentes habitualmente en nuestros alimentos. Utilizando las mismas maquinarias, los microbios también pueden descomponer una diversa gama de fármacos médicos. En consecuencia, el metabolismo microbiano de los fármacos puede influir en las concentraciones intestinales de fármacos y sus productos de descomposición, alterando tanto las respuestas a los fármacos como sus efectos adversos.
8. ***Las diferencias del microbioma entre individuos pueden producir respuestas diferentes a los medicamentos.*** El microbioma y su pronunciada variación interpersonal en la composición se consideran una de las posibles razones de la variación observada en la respuesta a un mismo medicamento. Por ello, el tema de las interacciones huésped-fármaco-microbiota está recibiendo cada vez más atención en la investigación farmacéutica. Mientras que los esfuerzos anteriores se centraban principalmente en el metabolismo humano de los fármacos, cada vez se presta más atención al metabolismo microbiano de los mismos. Uno de los objetivos en este campo es dilucidar los mecanismos moleculares implicados en este metabolismo farmacológico. El objetivo es comprender mejor cómo las diferencias interpersonales en la composición del microbioma contribuyen a la variación interpersonal de los efectos deseados y adversos de los fármacos. Con el tiempo, esto nos permitirá encontrar nuevas estrategias para los tratamientos médicos en el futuro y, en particular, personalizar los tratamientos clínicos para tener en cuenta las diferencias de los pacientes.
9. ***La microbiota como diana terapéutica primaria.*** En las secciones anteriores hemos comentado que, aunque la

Un marco educativo en microbiología centrada en la niñez

medicación puede cambiar la composición del microbioma, los microbios también son capaces de metabolizar los fármacos. Aunque apenas estamos empezando a comprender cómo funciona la tríada huésped-fármaco-microbiota, las perspectivas son prometedoras. Estos conocimientos podrían aprovecharse en una amplia gama de aplicaciones para mejorar la eficacia de los fármacos y reducir sus efectos adversos.

En la actualidad, las decisiones sobre el fármaco y la dosis más adecuados para un paciente determinado sólo tienen en cuenta factores humanos como el peso, los parámetros sanguíneos y el metabolismo hepático. Con el aumento de la investigación en el campo del microbioma, será posible vincular la presencia de determinadas bacterias intestinales y/o sus enzimas con la eficacia de un tratamiento médico. Por ejemplo, la bacteria intestinal *Eggerthella lenta* metaboliza y, por tanto, es capaz de reducir la concentración de digoxina, un fármaco utilizado para tratar la insuficiencia cardíaca y las arritmias. Los científicos identificaron las enzimas implicadas en el metabolismo de la digoxina y pudieron demostrar que su presencia predice el éxito del tratamiento con digoxina.

Como alternativa a la adaptación del tratamiento médico a una microbiota específica, también se podría modular la microbiota de un paciente para mejorar la eficacia de una terapia determinada. La microbiota intestinal podría modificarse mediante diferentes estrategias que incluyen factores abióticos o bióticos. Ejemplos de enfoques abióticos son el consumo de ciertos tipos de alimentos, **prebióticos** (compuestos que promueven el crecimiento de especies bacterianas beneficiosas) o **postbióticos** (el extracto de componentes funcionales de los microbios beneficiosos). En el ejemplo de la digoxina, los investigadores observaron que un mayor consumo de proteínas disminuye la producción de enzimas reductoras de digoxina de *E. lenta*. Esto significa que una mayor cantidad de proteínas en la dieta se traduce en una menor degradación de la digoxina por parte de *E. lenta*, por lo que aumenta la presencia de digoxina en el organismo, lo que se traduce en un mejor efecto terapéutico. Este ejemplo ilustra cómo un factor abiótico (las proteínas) puede cambiar sustancialmente la eficacia de un tratamiento médico (digoxina).

Los enfoques bióticos para la modulación de la microbiota se basan en agentes biológicos, como cepas/comunidades **probióticas** (cepas bacterianas beneficiosas), **cepas de ingeniería** (especies bacterianas modificadas genéticamente para que tengan un efecto terapéutico deseado para el paciente) o **fagos** (virus que infectan bacterias). En todos estos casos, la idea es aumentar la abundancia de las bacterias beneficiosas (por ejemplo, las que ayudan a activar un fármaco) y/o disminuir la cantidad de especies no deseadas (por ejemplo, las cepas que hacen que un fármaco sea más tóxico). Estas sencillas intervenciones prometen aumentar la eficacia de los tratamientos farmacológicos existentes y futuros.

En algunos casos, no es posible adaptar el tratamiento médico a la microbiota del paciente y/o modular la microbiota para maximizar el efecto terapéutico. Por ejemplo, los antibióticos son indispensables para combatir las infecciones. Sin embargo, estos tratamientos antibióticos causan daños colaterales en la composición del microbioma. Para restaurar la microbiota, se ha aplicado con éxito el **trasplante de microbiota fecal (FMT)**. En un FMT, la microbiota intestinal se transfiere de una persona a otra. El FMT puede ser la microbiota recogida de una persona sana o la propia microbiota de la persona antes del tratamiento médico (conocido como **FMT autólogo**). Por último, el uso de los factores abióticos y bióticos moduladores de la microbiota mencionados anteriormente también es válido para contribuir a la recuperación de una microbiota sana.

Aún quedan muchos retos por superar para trasladar la investigación sobre el microbioma a la clínica, entre ellos identificar el método más eficaz en cada situación o afección, entender si los cambios son transitorios o permanentes y evaluar los costes y beneficios de la intervención, así como las posibles consecuencias secundarias no deseadas. Sin embargo, los científicos están trabajando para encontrar las respuestas a estas preguntas y empezar a considerar la microbiota como un factor en futuros enfoques terapéuticos.

Un marco educativo en microbiología centrada en la niñez

Relevancia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La interacción huésped-fármaco-microbiota puede considerarse en el contexto de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- **Objetivo 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y una mejor nutrición y promover agricultura sustentable.** Al igual que en los humanos, la microbiota intestinal es esencial para la salud animal. Con frecuencia se administran medicamentos (principalmente antibióticos) a los animales de granja, lo que también altera su microbiota intestinal. Además de las consecuencias globales para la salud animal, el uso de medicamentos también podría promover el desarrollo de resistencia a los antimicrobianos (RAM) en la microbiota intestinal de estos animales. Como las bacterias intestinales pueden actuar como reservorio de genes de RAM, los animales de granja son una fuente potencial de nuevos tipos de RAM. En este sentido, la OMS recomienda administrar antibióticos únicamente a los animales bajo supervisión veterinaria y no utilizar antibióticos para promover el crecimiento o prevenir enfermedades en animales sanos. Aunque todavía se está investigando el impacto de los fármacos no antibióticos, podríamos extender estas recomendaciones a todo tipo de fármacos veterinarios. En conjunto, estas acciones concuerdan con la perspectiva sustentable y consciente en la producción de alimentos.
- **Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.** Las prometedoras estrategias mencionadas en este artículo, que posicionan a la microbiota como objetivo terapéutico principal, ayudarán a mejorar la eficacia del tratamiento farmacológico. Al modular la microbiota intestinal, podríamos aumentar los efectos deseados del tratamiento y disminuir los efectos adversos. Además, las acciones para mantener una microbiota saludable, por ejemplo mediante simples cambios en los alimentos, podrían tener un impacto positivo en la salud humana, reduciendo así la necesidad de medicamentos. Esto es especialmente relevante en las personas mayores, ya que su consumo de medicamentos suele ser mayor en comparación con el resto de la población.
- **Objetivo 6. Agua limpia.** Una proporción significativa de la medicación que toman los pacientes, y los metabolitos producidos a partir de ellos a través de las actividades de los microbios y el hígado terminan en la orina y las heces y se excretan en nuestras aguas residuales. Algunos de ellos son de larga vida y pasan a través de plantas de tratamiento de aguas residuales a aguas superficiales y, en última instancia, a aguas subterráneas, las cuales pueden servir como suministros de agua potable. Por lo tanto, los medicamentos dirigidos a pacientes específicos y los metabolitos de la microbiota de estos pacientes pueden, después de un viaje, ser adoptados por una comunidad no objetivo. Afortunadamente, las concentraciones de estos químicos son muy bajas en esta etapa, pero se cree que la exposición crónica a largo plazo a dichos químicos no está exenta de riesgos. Por lo tanto, es crucial que (a) determinemos qué drogas y metabolitos en el agua potable son los más peligrosos para nosotros, (b) monitoreemos sus niveles en las aguas residuales vertidas y en el agua potable, y (c) encontremos nuevas formas efectivas de eliminarlos del agua potable.
- **Objetivo 10. Reducir la desigualdad dentro y entre los países.** La microbiota como objetivo terapéutico podría representar una alternativa a terapias costosas, haciéndolas más accesibles para las personas independientemente de su situación económica. Por ejemplo, cambiando la alimentación o tomando suplementos específicos para modular la microbiota, un tratamiento médico podría mejorar significativamente su eficacia a costes asequibles.
- **Objetivo 12. Consumo y producción sostenibles.** La sostenibilidad requiere circularidad, es decir, no se liberan sustancias al medio ambiente después de su uso. Evidentemente, este no es el caso de los

Un marco educativo en microbiología centrada en la niñez

medicamentos que pasan de la farmacia al paciente y a las aguas residuales. Además, los medicamentos no utilizados a menudo se tiran a la basura y terminan en un vertedero, donde pueden filtrarse al medio ambiente, o en el inodoro, donde terminan en las aguas residuales. Es absolutamente esencial que los medicamentos no utilizados se devuelvan a la farmacia para su eliminación segura. Y, como se indicó antes, es igualmente importante que los medicamentos contenidos en las aguas residuales estén específicamente destinados a ser destruidos.

Posibles implicaciones para las decisiones

1. Individual

- a) ¿Cómo puedo modular mi microbiota para mantenerme sano?
- b) En caso de que lo necesite, ¿cómo puedo modular mi dieta/estilo de vida para que el tratamiento médico farmacológico sea más eficaz?
- c) Ahora que conocemos la interacción huésped-fármaco-microbiota, es importante evitar la medicación sin prescripción médica. El consumo de fármacos médicos debe ser siempre bajo indicación médica, quien controlará y evaluará el coste/beneficio del tratamiento.
- d) Medicación en animales: siempre bajo prescripción de un veterinario.
- e) ¿Qué hago con ese frasco de medicamento no utilizado?

2. Políticas nacionales

- a) Incorporar la microbiota humana al debate sobre el sistema sanitario y la investigación futura en este campo.
- b) Garantizar el acceso a fármacos que tengan efectos más beneficiosos sobre los pacientes y también sobre su microbioma.
- c) Promover campañas para el uso racional de medicamentos en humanos y animales.

Participación de los alumnos

1. Debate en clase sobre las cuestiones asociadas a la medicación y el microbioma.

2. Concienciación de los alumnos sobre las partes interesadas

- a) Crear un mapa conceptual para mostrar la relación entre el medio ambiente/humano, el microbioma y la medicación.
- b) Explicar cómo la microbiota puede influir en la eficacia de los medicamentos.
- c) Identificar y destacar el mecanismo a través del cual los medicamentos no antimicrobianos pueden contribuir al desarrollo de la RAM.
- d) Enumerar posibles formas de evitar los efectos negativos de los medicamentos en el microbioma.
- e) Lea los objetivos de desarrollo sostenible en el contexto de la microbiota y los medicamentos. Identifique el objetivo que considere más importante y justifíquelo.

La base empírica, lecturas complementarias y material didáctico

Artículos generales sobre este tema:

- Common medications accumulate in gut bacteria. EMBL Communications (2021)
- 'When gut bacteria spoil drug treatment'. The science breaker. Sep 18, 2019. <https://doi.org/10.25250/thescbr.brk262>
- Commonly used drugs affect our gut bacteria. EMBL Communications (2018)

Un marco educativo en microbiología centrada en la niñez

- Hannah Voak (2017) Manipulating the gut microbiome: the potential of poo. Science in school. 40
- Poo transplants better understood. EMBL Communications (2016)
- Global plan action on antimicrobial resistance. World Health Organization: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241509763>
- The Sustainable Development Goals, United Nations (2015). <https://sdgs.un.org/goals>

Recursos

- Video 'Non-Antibiotic Drugs Affect our Gut Bacteria': <https://www.youtube.com/watch?v=4NQAmYvBfRc>
- Video 'Do Gut Bacteria Contribute To Drug Metabolism?': <https://www.youtube.com/watch?v=LyjiVRRhIzM>
- Podcast: Microbes modifying medicine and kick starting plate tectonics. <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01775-6>

Publicaciones científicas

- Falony G, Joossens M, Vieira-Silva S, Wang J, Darzi Y, Faust K, Kurilshikov A, Bonder MJ, Valles-Colomer M, Vandeputte D et al (2016) Population-level analysis of gut microbiome variation. Science 352: 560 – 564
- Haiser HJ, Gootenberg DB, Chatman K, Sirasani G, Balskus EP, Turnbaugh PJ (2013) Predicting and manipulating cardiac drug inactivation by the human gut bacterium Eggerthella lenta. Science 341: 295 – 298
- Maier L, Pruteanu M, Kuhn M, Zeller G, Telzerow A, Anderson EE, Brochado AR, Fernandez KC, Dose H, Mori H et al (2018) Extensive impact of nonantibiotic drugs on human gut bacteria. Nature 555: 623 – 628
- Maier L, Typas A (2017) Systematically investigating the impact of medication on the gut microbiome. Curr Opin Microbiol 39: 128 – 135
- Zimmermann M, Zimmermann-Kogadeeva M, Wegmann R, Goodman AL (2019) Separating host and microbiome contributions to drug pharmacokinetics and toxicity. Science 363: eaat9931
- Zimmermann M, Zimmermann-Kogadeeva M, Wegmann R, Goodman AL (2019) Mapping human microbiome drug metabolism by gut bacteria and their genes. Nature 570: 462 – 467
- Zimmermann-Kogadeeva M, Zimmermann M, Goodman AL (2020) Insights from pharmacokinetic models of host-microbiome drug metabolism. Gut Microbes 11: 587 – 596
- Zimmermann, M. Patil, KR, Typas A, Maier L, Towards a mechanistic understanding of reciprocal drug microbiome interactions. Mol Syst Biol. (2021) 17: e10116
- Vich Vila, A., Collij, V., Sanna, S. et al. Impact of commonly used drugs on the composition and metabolic function of the gut microbiota. Nat Commun 11, 362 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14177-z>

Glosario

Bomba de eflujo: proteínas transportadoras presentes en la membrana celular que tienen la función de exportar compuestos químicos del interior de la célula al medio ambiente.

Un marco educativo en microbiología centrada en la niñez

Cepas de ingeniería: especies bacterianas modificadas genéticamente para expresar propiedades terapéuticas específicas.

Enzima: proteína que cataliza (acelera) reacciones químicas.

Trasplante de microbiota fecal (TFM): transferencia de toda la comunidad microbiana intestinal de una persona a otra. El TFM autólogo se refiere al trasplante de la comunidad microbiana intestinal de una persona a la misma persona después de una intervención médica.

Transferencia genética horizontal: movimiento de material genético de un organismo a otro que no son sus descendientes.

Microbiota intestinal humana: microbiota que vive en el tracto gastrointestinal humano.

Microbiota: comunidad ecológica de microorganismos (bacterias, virus, hongos, arqueas).

Metabolismo: es el conjunto de reacciones químicas que se producen en todo organismo.

Metagenómica: es el estudio de toda la colección de ADN procedente de una muestra compleja con varias especies, generalmente, microbios. Patógeno: es un organismo (en este caso microorganismo) que puede causar una enfermedad. Fagos: tipo específico de virus que infecta y se replica dentro de células bacterianas.

Postbiótico: salida funcional de los microbios beneficiosos.

Prebiótico: compuestos específicos, como ciertos azúcares, que son preferidos por la subpoblación del microbioma, lo que conduce a su aumento en abundancia.

Probiótico: cepas bacterianas específicas destinadas a fines terapéuticos. Están certificadas GRAS (generalmente consideradas seguras) por la Food and Drug Administration e incluyen microbios de diferentes filos.

Agradecimientos

Damos las gracias al departamento de educación científica del EMBL, el Laboratorio Europeo de Aprendizaje de las Ciencias de la Vida (ELLS), en particular a Vivien Freiher, Teodora Dobrova, Eva Haas y Efraim Culfa, por sus útiles debates y sus valiosas aportaciones al artículo.