

Pensar filosóficamente sobre la microbiología

Mamá: ¿qué soy yo si solo soy un 50% humano y el resto es microbiano?



Estas imágenes, que forman parte de la serie 'Cosmos' del artista Marcus DeSieno, muestran crecimientos de comunidades microbianas que consumen fotografías de galaxias. Estas representaciones simbolizan los aspectos micro-macro de la microbiología que la filosofía de la microbiología trata de capturar. Imágenes utilizadas con el amable permiso del artista. Derechos de autor: Marcus DeSieno. <https://www.marcusdesieno.com/cosmos>

Imagen de la izquierda: **Una fotografía de una galaxia lenticular barrada devorada por bacterias encontradas en mi ombligo** (impresión de pigmento de archivo de bacterias cultivadas en película fotográfica, 2014). Imagen de la derecha: **Una fotografía de la Vía Láctea consumida por bacterias encontradas en leche sin pasteurizar**

(Impresión de pigmento de archivo de bacterias cultivadas en película fotográfica, 2014)

Maureen O'Malley

Escuela de Historia y Filosofía de la Ciencia
Universidad de Sydney, Nueva Gales del Sur, Australia

¿Cómo se relaciona la filosofía con la microbiología?

Sin duda, la filosofía es sobre los humanos, para los humanos y por los humanos. La filosofía es profunda y abstracta, y los microbios son trozos irreflexivos de material biológico. ¿Cómo se unen los dos? ¿Y por qué alguien querría pensar filosóficamente sobre los microbios y la ciencia de los microbios, la microbiología?

Vamos a desglosar algunas posibles respuestas a estas preguntas básicas. En primer lugar, tenemos que pensar en general sobre la naturaleza de la filosofía y lo que hace. En segundo lugar, deberíamos reflexionar de manera más general sobre los microbios y la microbiología y, dado que somos criaturas centradas en lo humano, deberíamos enfocarnos en la relación entre los microbios y nosotros mismos. Una vez hecho esto, podemos pasar a una tercera tarea: mostrar las conexiones entre los dos temas de tal manera que la "filosofía de la microbiología" suene como algo en lo que vale la pena pensar por nosotros mismos.

1. ¿Qué es la filosofía? La filosofía es el viejo término para cualquier investigación sobre la naturaleza de las cosas y cómo conocemos las cosas. De hecho, hasta el siglo XVIII, la ciencia era conocida como filosofía: "filosofía experimental" era el término del siglo XVII para cualquier investigación basada en observaciones (incluidos los experimentos). Más tarde, se comenzaron a utilizar denominaciones como "filosofía natural" e "historia natural", a pesar de que el término "ciencia" estaba superando cada vez más a estos términos más antiguos en el siglo XIX. Pero hasta bien entrado el siglo XX, las universidades en Alemania, por ejemplo, todavía albergaban departamentos de ciencias en una facultad de "Filosofía", debido a la idea compartida de que la investigación rigurosa y profunda es central para todos estos estudios e investigaciones. Ese legado continúa incluso hoy en día, cuando los estudiantes de posgrado en ciencias obtienen su doctorado, incluidos los que realizan investigaciones en microbiología, su título es Doctor en Filosofía, Ph.D.

Sin embargo, con el aumento de la especialización académica y de investigación a medida que avanzaba el siglo XX, este terreno común se fragmentó. Si miramos ahora a las universidades y a la sociedad en general, podemos ver una clara división entre las actividades de la ciencia y la filosofía. Pero, aun así, hay un área próspera de la filosofía llamada "filosofía de la ciencia", y tiene muchas subdisciplinas, incluida la filosofía de la biología, que a su vez tiene una subdisciplina, la filosofía de la microbiología, que es nuestro enfoque aquí. Pero lo principal que hay que tener en cuenta es la idea básica de que toda ciencia tiene fundamentos filosóficos. Ya sea que se trate de conceptos o de la naturaleza de las explicaciones, o del estado de modelos y teorías, todos los científicos lidian filosóficamente con su tema de estudio, y sacar esta filosofía a la luz a menudo puede ser muy útil, así como intelectualmente gratificante.

En términos más generales, a la filosofía le gusta hacer grandes preguntas: ¿cuál es la naturaleza del ser humano? ¿Cómo conocemos el mundo? ¿Cuáles son los valores que nos guían? Puede ser una sorpresa para algunos lectores, pero la microbiología en sí misma tiene algunas respuestas muy filosóficas que dar sobre estos temas. En particular, la microbiología plantea algunas preguntas muy interesantes sobre la contribución de los microbios a los cuerpos y mentes humanos, y a nuestra comprensión del mundo que nos rodea y hasta qué punto nuestro mundo es de hecho un mundo microbiano. Además, la microbiología puede, incluso a un nivel muy fundamental, plantear cuestiones sobre los valores, como si necesitamos apreciar a los microbios para tener el tipo de mundo que queremos, y por qué podría ser así.

Pero hasta ahora, esto está hablando en términos muy abstractos, y lo que tenemos que hacer es ponernos un poco más en lo concreto con algunos hechos microbiológicos, antes

de unir la filosofía general con los hallazgos microbiológicos particulares, para que podamos volver a nuestro objetivo de justificar la "filosofía de la microbiología".

2. ¿Qué es la microbiología y qué son los microbios? Aunque a los filósofos les gustan las definiciones estrictas sin ambigüedad, muchos términos utilizados en la ciencia y en el mundo cotidiano no funcionan así. "Microbio" es una de esas palabras. A pesar de que existe toda una ciencia basada en lo que son los microbios, el término es vago e impreciso. Ciertamente, debería incluir todas las formas de vida unicelulares, la mayoría de las cuales son las pequeñas y prolíficas bacterias y arqueas, pero también los protistas más grandes. Pero ¿incluye virus de cualquier tipo, cuando estas entidades no tienen células en absoluto? Algunos usos casuales de "microbio" se sienten cómodos con eso.

¿Y qué pasa con los hongos unicelulares y las algas? Bueno, ¿por qué no llamarlos microbios, si son unicelulares? Entonces, sin embargo, tenemos un enigma: algunos hongos filamentosos multicelulares pueden existir como formas de levadura unicelular. Estos son los hongos dimórficos, que cambian entre formas multicelulares y unicelulares según la temperatura. ¿Dónde encajan? Y luego hay un problema más complicado: muchos organismos unicelulares (tanto unicelulares pequeños como grandes) prefieren vivir en grandes grupos, a veces de una especie, otras veces de muchas especies mixtas. Cuando viven la mayor parte de sus vidas en grupos sociales, los microbios individuales tienden a funcionar como parte de un grupo, y ese grupo puede considerarse multicelular. Si la unicelularidad es el único criterio que define a los microbios, entonces vivir como parte de una entidad multicelular no parece muy coherente con esa definición.

¿Qué pasaría si dijéramos que los microbios son simplemente entidades vivas que deben ser observadas con microscopios? Los virus vuelven a ser un problema si queremos incluirlos (no "vivos" según la mayoría de opiniones), y mucho más problemático para esta definición, todo tipo de células, incluso las células humanas, necesitan microscopía para ser observadas correctamente. Y si las células animales, por ejemplo, viven en grupos y necesitan microscopios para ser visibles, ¿cuál es la diferencia entre ellas y los microbios? Aunque digamos que los microbios tienen al menos un punto de partida de unicelularidad antes de reunirse en grupos, lo mismo ocurre con las células animales, que también tienen una breve existencia en estado unicelular como óvulos fecundados.

Quizás una forma menos problemática de definir los microbios es simplemente afirmar que son el tema de estudio de la microbiología. Tenemos grupos existentes e históricos de científicos que estudian varios fenómenos, y al examinar esta investigación, obtendremos una buena idea de lo que encaja y lo que no. Y ciertamente queda claro que las bacterias, las arqueas, los protistas y los hongos unicelulares y las algas son objeto de estudio de la microbiología, junto con los virus, a pesar de que existe un campo estrechamente vinculado llamado virología. Debido a que hay muchos tipos de virus que interactúan íntimamente con el mundo microbiano, este grado de interacción hace que sea difícil mantener los virus completamente separados.

Estar abierto a la inclusión de virus tiene un corolario con organismos más grandes. Aunque los microbiólogos tienden a no centrarse, por ejemplo, en los animales y los árboles, a menudo sucede que debido a la forma en que los microbios viven sus vidas en asociaciones muy estrechas con organismos más grandes (incluidos animales y árboles), entonces un microbiólogo también podría tener que prestar bastante atención a esos huéspedes y su biología. Y son este tipo de relaciones las que probablemente están estimulando algunas de las reflexiones filosóficas más interesantes sobre los microbios y la microbiología en los últimos años.

3. Vivir en un mundo microbiano. ¡Los microbios están en todas partes! En el suelo,

en el aire, en todo, incluidos nuestros cuerpos y la comida. No solo son omnipresentes, sino que están realizando una gran cantidad de transformaciones químicas cada segundo de la existencia del planeta. Algunas de estas transformaciones producen los ciclos químicos que sustentan la Tierra: nitrógeno, oxígeno, carbono y muchos otros elementos vitales. Los microbios no están exclusivamente involucrados en estos ciclos (por ejemplo, las plantas hacen mucho con el carbono y el oxígeno), pero desempeñan papeles vitales en todos estos procesos, y estos roles no pueden ser desempeñados por organismos más grandes. Esto se debe a la versatilidad metabólica de los microbios y a su dedicación a ganarse la vida incluso en las situaciones más extremas y de baja energía.

Las muchas formas en que los microbios transforman los recursos químicos de nuestro planeta son de inmensa importancia para nuestras propias vidas como humanos. No se trata solo de nuestro entorno más amplio (por ejemplo, tener oxígeno para respirar y nutrientes para sustentarnos), sino también de nuestro propio papel como ambientes para los microbios. Viviendo sobre y dentro de nosotros hay una gran cantidad de microbios, muchos de los cuales afectan los procesos de nuestro cuerpo y tal vez incluso nuestras mentes. Ya sea en nuestra piel o en nuestros intestinos, los microbios están tan ocupados convirtiendo recursos químicos en esos lugares más íntimos como en el resto del mundo. No podemos optar por no participar en estas interacciones: el tamaño y la capacidad de dispersión de los microbios, además de su rápido tiempo de generación, los convierte en colonizadores altamente efectivos de objetos grandes y nutritivos como nosotros.

Esta es una relación mixta. No es que los microbios quieran hacernos daño, y tampoco es cierto que hayan evolucionado para ayudarnos. Nos están explotando, al igual que nosotros estamos explotando nuestro entorno para nuestro propio beneficio. Pero sucede que ciertas explotaciones resultan ser beneficiosas, o al menos, nos hemos adaptado tan bien a ciertos explotadores y no a otros que cuando llegan nuevos invasores, experimentamos efectos negativos. Gran parte de la microbiología médica se ocupa de los efectos negativos del mundo microbiano interno, al igual que campos mucho más amplios, de la ecología microbiana y la microbiología ambiental, se ocupan de los efectos positivos y negativos del mundo microbiano externo. Todos los capítulos anteriores de esta colección tratan de los detalles de la ciencia que estudia los mundos microbianos internos y externos. ¿Cómo llegamos de estos detalles a una visión filosófica?

4. Implicaciones filosóficas de vivir en un mundo microbiano. Quizás lo primero en lo que deberíamos pensar son las implicaciones de ver a los humanos como ecosistemas. Aunque apreciamos las ideas de nuestra autonomía y nos identificamos como seres únicamente humanos, la microbiología arroja nueva luz sobre estas ideas más antiguas. Al sugerir que estamos inmersos en un complejo proceso de interacciones microbianas, muchas de las cuales son fundamentales para que cada uno de nosotros nos mantengamos vivos, podríamos querer relajar nuestra percepción de un límite estricto entre nosotros y otras formas de vida. Esto no quiere negar que los humanos seamos una forma de vida particular con ciertas características, pero a menudo es útil tener una visión más amplia e integrada de cómo encajamos en la naturaleza. Históricamente, ha habido una tendencia a colocar a los humanos en la cima de una jerarquía de formas vivientes, pero si prestamos más atención a nuestros mundos microbianos externos e internos, tanto en el presente como en la visión a largo plazo proporcionada por una perspectiva evolutiva, podríamos tener una visión más modesta de dónde encajamos.

¿Por qué es esto algo bueno? En primer lugar, es más realista y presta más atención a una gran masa de ciencias microbiológicas, biomédicas y ambientales, pero en segundo lugar, podría tener implicaciones morales. Recordemos que en la primera sección se hablaba de lo

que hace la filosofía en términos generales: indagar en la naturaleza de las cosas y cómo se produce el conocimiento, y, en tercer lugar, pensar en los valores y en nuestras respuestas morales ante diversas situaciones. Si pensamos en nosotros mismos como en la cima de una jerarquía, con derechos sobre todo lo que está por debajo de nosotros, entonces podríamos sentirnos moralmente justificados para preocuparnos solo por nosotros mismos y nuestros beneficios inmediatos. Sin embargo, si nos vemos a nosotros mismos como un nodo más (un pequeño nodo) en una red compleja y dinámica de relaciones, incluso si estamos motivados por puro egoísmo, podríamos sentir más presión para comportarnos de maneras que no conduzcan a la destrucción de la red de la que formamos parte. Podríamos sentir que es moralmente importante mantener esa red más amplia, solo por nuestro propio bien (incluidas las generaciones futuras). Pero una respuesta a esa forma de pensar podría ser: "la ecología ya nos lo dijo, incluso antes de reconocer la importancia de los microbios". Por supuesto, pero pensar en pandas, orquídeas y secuoyas aún puede permitir cierto sentido de separación y jerarquía, mientras que una vez que unimos todo con la microbiología y los procesos microbianos, podría ser más difícil evitar una perspectiva diferente del mundo.

¿Pensar en el mundo microbiano significa que no existen especies individuales como nosotros? ¿Debemos considerar siempre a determinados organismos, ya sean canguros o cactus, como mundos microbianos? Para algunos propósitos, es apropiado señalar grupos de organismos individuales (incluidos los que son grandes y visibles), porque hay muchas preguntas que podríamos querer hacer, tanto científica como filosóficamente. Ciertas preguntas podrían significar que podemos, en términos prácticos, ignorar a los microbios por un tiempo. Pero la realidad más amplia siempre se impone de nuevo, y esa realidad (como revelan tantos capítulos de este volumen) es microbiana.

La ética ambiental es un enfoque amplio y creciente que informa la conservación, y abarca una gama de puntos de vista diferentes, desde perspectivas centradas en los ecosistemas hasta perspectivas centradas en el ser humano. Pocas o ninguna de estas perspectivas normalmente considerarían los microbios, tal vez porque podrían verse como parte del fondo ambiental en lugar de características en primer plano. Vale la pena pensar si poner a los microbios en primer plano marca la diferencia en la forma en que consideramos nuestras responsabilidades humanas en el mundo. Una pregunta que podríamos considerar hacernos es si necesitamos pensar éticamente sobre los microbios mismos (en lugar de nuestro lugar en un mundo microbiano). ¿Deberíamos tratar de proteger a los microbios de la misma manera que lo haríamos con otras especies? ¿Tenemos la obligación de no hacer que los microbios se extingan, o es ridículo incluso pensar en los microbios de esta manera?

Tradicionalmente, los microbios se consideran supervivientes evolutivos. Han existido durante mucho más tiempo en la historia del planeta que los grandes organismos, y todo indica que continuarán incluso cuando las diversas crisis mencionadas anteriormente en el volumen hayan eliminado gran parte de la biodiversidad no microbiana del planeta. Y debido a que los microbios son tan pequeños y pueden dispersarse a grandes distancias, a menudo se ha pensado que dondequiera que existan las condiciones adecuadas, se encontrarán los microbios a los que les gusten esas condiciones. Incluso donde hay contaminación o una gran devastación ambiental, algunos microbios con características particulares prosperarán allí. Si bien es cierto que la vacunación podría acabar con una o dos especies de microbios, y aunque también es cierto que la destrucción de condiciones ambientales raras podría hacer que los microbios más grandes en particular desaparezcan, en general, la extinción no es un problema para los microbios en una escala de tiempo ecológica. Sin embargo, en escalas de tiempo geológicas más largas, especialmente cuando el planeta experimenta transformaciones importantes, como con la oxigenación de la atmósfera y los océanos, las extinciones microbianas son una posibilidad muy probable. Es posible que queramos pensar un poco más

A child-centric microbiology education framework

sobre la destrucción impulsada por los humanos que se está causando en la Tierra, y cómo esto puede afectar la naturaleza microbiana del mundo.

Los problemas de conservación se reducen básicamente a nosotros mismos y a cualquier papel que podamos desempeñar en el mantenimiento del planeta con nuestros socios microbianos. Si queremos que los arrecifes de coral y sus microbios simbióticos cruciales persistan, tendremos que actuar contra el calentamiento global. Si queremos evitar los efectos invernadero descontrolados causados por gases como el metano, tendremos que encontrar formas de reclutar tanto a los organismos productores como a los consumidores de metano de manera constructiva. Si queremos utilizar los microbios que consumen contaminación como custodios del medio ambiente, tendremos que determinar las condiciones en las que se pueda hacer de forma segura. A pesar de que el futuro inevitable del planeta es microbiano, podemos trabajar con microbios para prolongar las condiciones en las que los organismos grandes puedan prosperar juntos.

Una forma importante en la que esto podría suceder es uniendo fuerzas con los microbios a través de la biología sintética. La biología sintética es una forma de ingeniería biológica que rediseña los microbios para hacer cosas aún más notables. Aunque algunos biólogos sintéticos sueñan con crear nuevos organismos "desde cero", en la práctica basan su ingeniería en las células microbianas y en la miríada de capacidades de los microbios. Aunque esto debe hacerse con mucho cuidado y con las reflexiones éticas apropiadas (sobre el riesgo, las consecuencias no deseadas, las preocupaciones públicas y la motivación), hay muchas esperanzas de que los microbios alterados sintéticamente puedan usarse para diseñar un mejor futuro para el planeta, de la misma manera que los microbios han diseñado a través de procesos evolutivos un planeta habitable que ahora podemos aprovechar.

Reflexiones finales

Pensar filosóficamente sobre los microbios y la microbiología es una forma de tener una visión amplia del mundo en el que vivimos. Esto puede sonar contradictorio, porque, por supuesto, los microbios son los seres vivos más pequeños de este mundo. Pero dado el impacto de los microbios en la química del planeta y en el funcionamiento interno de muchos organismos grandes, estas diminutas criaturas se suman a una fuerza enorme. Y eso nos lleva a una decisión filosófica importante: sobre si trabajar con ellos y cómo. Gran parte de la microbiología contemporánea, tal como se muestra en este currículo, muestra los medios y las formas de llevar a cabo esa decisión.

Relevancia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los grandes desafíos

La dimensión microbiana de la adquisición de un perro de compañía se relaciona con varios ODS (*aspectos microbianos en cursiva*), entre ellos

- **Objetivo 2. Acabar con el hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible** (*acabar con el hambre y la malnutrición, aumentar la productividad agrícola*). Es probable que adoptar una visión filosófica amplia sobre los microbios nos haga más conscientes y comprometidos con la realización de las innovaciones necesarias para lograr estos objetivos. Nuestro microbioma intestinal extrae nutrientes de los alimentos que comemos, y luego los billones de microbios producen varios productos que interactúan con nuestra fisiología. Para los niños que experimentan desnutrición, está claro que la recuperación no es solo una cuestión de más alimentos o incluso de buena alimentación, sino de tener un microbioma que sea propicio para la salud.

A child-centric microbiology education framework

Externamente, la agricultura depende de las interacciones microbianas por encima y por debajo del suelo. Es probable que la mejora de estas interacciones permita una mayor productividad con menos daño ambiental.

- **Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades** (*mejorar la salud, reducir las enfermedades prevenibles y las muertes prematuras*). Hay muchas formas en que los microbios en el intestino y en otros lugares pueden contribuir al bienestar físico y mental. Aunque la ciencia aún se encuentra en una etapa temprana con respecto a qué intervenciones son las más efectivas, una perspectiva filosófica en la que los microbios se reconozcan como importantes y sobre los que vale la pena saber más conducirá a la microbiología a los hallazgos más aplicables con mayor rapidez.

- **Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos** (*garantizar el agua potable, mejorar la calidad del agua, reducir la contaminación, proteger los ecosistemas relacionados con el agua, mejorar la gestión del agua y el saneamiento*). Si reconocemos la participación de los seres humanos en una red global de interacciones mediadas por microbios, esto nos permite conectar los aspectos macro-micro de la vida cotidiana de manera más efectiva. La filosofía de la microbiología también nos recuerda que no se trata de detectar microbios enemigos, los que podrían causar enfermedades, sino de vivir efectivamente con los microbios. Luego podemos aplicar esta mentalidad a servicios como el suministro de agua y el saneamiento.

- **Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos** (*garantizar el acceso a energías limpias, renovables y sostenibles, y aumentar la eficiencia en el uso de la energía*). La sostenibilidad requiere comprender mejor nuestro mundo y cómo encajamos en él. Pensar filosóficamente sobre la microbiología puede darnos motivaciones más profundas y conocimientos sobre cómo hacerlo.

- **Objetivo 8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos** (*promover el crecimiento económico, la productividad y la innovación, la creación de empresas y empleo*). La historia de la microbiología es, en muchos aspectos, una historia de la ciencia aplicada. Probablemente no haya un solo hallazgo en microbiología que no se haya utilizado para el beneficio humano, ya sea médico (p. ej., vacunación, antibióticos), nutricional (p. ej., elaboración de cerveza, agentes leudantes, alimentos fermentados) o industrial (p. ej., enzimas tolerantes al calor, procesos de fermentación). Si pensamos filosóficamente sobre todos los varios usos de los microbios en nuestras redes económicas y de fabricación, obtenemos aún más apreciación de nuestro mundo microbiano, y esto a su vez puede conducir a nuevas innovaciones.

- **Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles** (*lograr prácticas sostenibles de producción y uso/consumo, reducir la producción de residuos/liberación de contaminantes en el medio ambiente, lograr ciclos de vida de cero residuos, informar a las personas sobre las prácticas de desarrollo sostenible*). Es muy probable que una apreciación filosófica de los microbios sustente las tecnologías del futuro para la remediación ambiental, la limpieza de la contaminación y la gestión de residuos. Los increíbles poderes de innovación de los microbios aún se conocen solo parcialmente, y los futuros logros pueden guiarse por la visión de que si se puede hacer algo en una situación ambiental, los microbios lo harán.

- **Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos** (*reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mitigar las consecuencias del calentamiento global, desarrollar sistemas de alerta temprana para las consecuencias del calentamiento global, mejorar la educación sobre la producción de gases de efecto invernadero y el calentamiento global*). Darnos cuenta de lo microbiano que es nuestro mundo, y de lo microbianos que somos nosotros mismos, tiene el beneficio filosófico de aumentar nuestra comprensión de lo que se puede hacer a escala macro. Se puede aprender una lección del diminuto tamaño de los

A child-centric microbiology education framework

microbios, que colectivamente se suman a algunas de las fuerzas planetarias más enormes. Y a medida que aumenta la comprensión de las funciones de los microbios en nuestro mundo que cambia rápidamente, podemos estar seguros de que encontraremos al menos algunos recursos y trucos nuevos para mantener un mundo habitable para los humanos.

- **Objetivo 14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible** (*reducir la contaminación de los sistemas marinos por productos químicos tóxicos/nutrientes/desechos agrícolas como los plásticos, desarrollar medidas de mitigación para acidificación, mejorar el uso sostenible de los océanos y sus recursos*). Comprender los microbios y la microbiología filosóficamente es básicamente una motivación para comprender y tratar mejor nuestro mundo. La microbiología marina es una ciencia floreciente, y cuanto más se aprende, más sustancial puede llegar a ser la filosofía.

Posibles implicaciones para las decisiones

1. Individual

- a. Reconocer nuestros mundos microbianos internos y externos proporciona una mejor base para la toma de decisiones de cualquier tipo (personal, ambiental).
- b. Una apreciación filosófica de la microbiología también proporciona más opciones para situaciones cambiantes, ya sea en la salud personal o planetaria.

2. Políticas comunitarias

- a. El reconocimiento de las contribuciones microbianas comienza en el hogar y en la comunidad, donde una mayor conciencia de los microbios y la microbiología puede ayudar con transformaciones positivas (por ejemplo, ¿cuál es la mejor práctica microbiológica para fomentar la biodiversidad en las reservas naturales locales? ¿Cómo se deben tratar los residuos a nivel local?)

3. Políticas nacionales

- a. El amplio reconocimiento filosófico de los microbios es importante para las políticas de salud y la prestación de servicios.
- b. El amplio reconocimiento filosófico de los microbios también es crucial para las políticas ambientales de todo tipo.

Participación de los alumnos

1. *Discusión en clase sobre lo que significa pensar filosóficamente sobre los microbios y la microbiología*

2. *Concientización de los alumnos*

- a. ¿Qué se siente al pensar en los microbios en su intestino que están activos en este momento e influyen en todo su cuerpo?
- b. ¿Se imaginan un mundo sin microbios? ¿Tendría humanos en él? ¿Sería un mundo bueno?
- c. ¿Debería la microbiología centrarse solo en los microbios que sabemos que causan enfermedades? ¿Cuáles son los pros y los contras de hacer eso?
- d. ¿Es la biología sintética algo bueno o está interfiriendo demasiado con la naturaleza?

3. *Ejercicios*

A child-centric microbiology education framework

- a. ¿Cuál es su visión instintiva de los microbios? ¿Cuáles son las ventajas de tener una visión filosófica más amplia de los microbios?
- b. ¿Por qué vivimos en un mundo microbiano? ¿Por qué los microbios no han desaparecido a medida que los organismos más grandes (por ejemplo, árboles y animales) han evolucionado?
- c. ¿Están los microbios trabajando para nuestro beneficio? ¿Están aquí para ayudarnos?

La base empírica, la lectura complementaria y los medios didácticos

Small Wonders: How Microbes Rule Our World, de Idan Ben-Barak.

<https://scribepublications.com.es/libros-autores/libros/pequeñas-maravillas>

Un libro muy cuidadosamente presentado que está inspirado filosóficamente y expresa una profunda comprensión y aprecio por el mundo microbiano. Este libro tiene un título alternativo en algunos países: *Invisible Kingdom: From the Tips of Our Fingers to the Tops of Our Trash, Inside the Curious World of Microbes*.

Libros de "Small Friends": <https://www.smallfriendsbooks.com/titles>

Cuatro libros exquisitamente ilustrados para los más jóvenes sobre una variedad de relaciones microbianas. Versiones de audio y notas para el profesor disponibles también.

Life in Our Phage World: <http://www.2015fago.org/art.PHP>

Un fantástico libro ilustrado sobre el papel de los virus bacterianos ('fagos') y cómo estructuran el mundo microbiano.

The Invisible War: A Tale on Two Scales: <https://theinvisiblewar.com.au/>

Una extraordinaria novela gráfica que combina la microbiología médica y la ciencia del microbioma, en el contexto histórico de la Primera Guerra Mundial.

<https://www.microbes.info/>

Un sitio altamente informativo, con muchos enlaces a información general y detalles específicos sobre microbios de todo tipo.

Glosario

Bacteria: un tipo de microbio, generalmente muy pequeño. Muchos millones de especies, algunas bien conocidas por haber sido descubiertas tempranamente en la historia de la microbiología médica.

Arquea: Otro tipo de microbio, menos conocido que las bacterias porque se descubrió más tarde, pero con el mismo tipo de organización de fluidos dentro de cada célula. Algunos ejemplos famosos incluyen a los "extremófilos", que pueden hacer frente a extremos de calor, frío, sequedad, etc.

Protista: Un tipo más grande de microbio, con células altamente estructuradas. Muchos tienen formas muy intrincadas y, a menudo, aparecen en obras de arte.

Microbioma: La colección de todos los microbios en un lugar específico, como el microbioma intestinal. El microbioma puede estar formado por bacterias, arqueas, protistas y virus.