

La vida microbiana: el mundo al que dejamos de pertenecer

Sergio Andrés Muñoz Gómez¹

Maicol Ospina Bedoya²

Universidad de Antioquia

Resumen

Existe todo un mundo microscópico que es fascinante y el cual es desconocido para la mayoría de las personas. Este escrito pretende acercar al público en general a un universo de formas diminutas que cada día nos asombra más con los nuevos descubrimientos que la ciencia hace sobre él. Allí existen seres increíblemente interesantes, desde microorganismos que viven en agua casi en el punto de ebullición hasta

otros que habitan lugares donde la presencia de oxígeno los mataría. Este micromundo presenta formas y comportamientos tan variados y excitantes como los que reconocemos entre los animales y plantas que habitan la sabana africana o la selva amazónica, pero a una escala muy diferente de la nuestra, una escala de tamaños tan pequeños que la vida funciona de una forma completamente diferente a lo que estamos acostumbrados. La diferencia con nuestro mundo es que en este “micromundo” los

1 Estudiante de pregrado. Instituto de Biología, Universidad de Antioquia.
Correo electrónico: sergio0503@gmail.com.

2 Estudiante de pregrado. Instituto de Biología, Universidad de Antioquia.
Correo electrónico: m.ospina.bedoya@gmail.com.

organismos no están compuestos de muchas células, ¡sino que cada célula es todo un organismo!

Palabras claves: bacterias, diversidad, microorganismos, protistas, virus.

Introducción

Los microorganismos (virus, bacterias y protistas), dueños del planeta por más de 3.500 millones de años, lo han modificado radicalmente durante el curso de su historia y han sido testigos de las mayores revoluciones evolutivas de la biosfera. Plantas y animales somos solo una diminuta porción de la diversidad existente en el planeta Tierra. Más allá de nosotros los macrobios, existe todo un microcosmos repleto de organismos fascinantes y exóticos, que no solo determinan y permiten nuestra existencia, sino que dominan el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. En nuestro día a día nos olvidamos de ese increíble mundo microscópico, un microcosmos del cual nos separamos hace unos 550 millones de años con el origen de la multicelularidad animal, un mundo al cual dejamos de pertenecer.

Lo que podemos y podríamos observar

Mira el mundo viviente a tu alrededor: reconocerás humanos, gatos, perros, aves, árboles, hierbas, arbustos; en resumen, animales y plantas; seres vivos microscópicos que nos son visibles al ojo desnudo. Sin embargo, existe todo un mundo enfrente de tus ojos que perdura en una escala muy diferente a la nuestra, una escala de tamaños tan pequeños que la vida funciona de una forma completamente diferente a lo que estamos acostumbrados. Este mundo es prácticamente invisible; presenta formas y comportamientos tan variados y excitantes como los que reconocemos entre los animales y plantas que habitan la sabana africana o la selva amazónica. La diferencia con nuestro mundo es que en este "micromundo" los organismos no están compuestos de muchas células, ¡sino que cada célula es todo un organismo!

El micromundo ante nosotros

Para empezar, imagina que hacemos un aumento óptico sobre la orilla de un charco que por casualidad se encuentra enfrente de nosotros. A medida que nos acercamos, nos sorprendemos de cómo todo un mundo completamente alienígena-

no para nosotros comienza a hacerse visible paulatinamente. Mientras hacemos visible este fascinante mundo de unicélulas conformado por protistas, bacterias y virus, encontramos algunos animales que también pueden llegar a ser muy pequeños, como larvas de insecto, microcrustáceos y rotíferos. Todo esto sucede cuando nos acomodamos ya en una escala donde las formas vivas tienen tamaños promedios de menos de un milímetro a más de cien micrómetros (un milímetro tiene mil micrómetros). Nos detendremos en este nivel para explorar un poco su diversidad microbiana.

Entre los microorganismos unicelulares que alcanzan tamaños mayores a medio milímetro se encuentran, por ejemplo, algunos ciliados y algunas amebas, como la gigantesca *Amoeba proteus*, visible al ojo desnudo con un poco de esfuerzo. Esta ameba es una depredadora muy activa, frecuentemente encontrada en los sedimentos de ambientes acuáticos donde se alimenta de diferentes microorganismos, por lo general de tamaños menores a ella. Las amebas son células con cuerpos cambiantes, amorfos, que se deforman debido a su tipo de locomoción. Estas células se mueven lentamente mediante extensiones de su citoplasma llamados *pseudópodos*; estas estructuras también son utilizadas para rodear a sus presas e internalizarlas como alimento en el proceso de fagocitosis. Las pobres víctimas del gigante depredador son por lo general bacterias mucho más pequeñas y de diferentes tipos, al igual que los eucariotas un poco más grandes, como las algas verdes, las diatomeas y los protistas flagelados.

De tamaños similares podemos encontrar algunos ciliados que son depredadores raptos extremadamente rápidos, que cazan a sus presas tras largas persecuciones. Los ciliados son organismos unicelulares que tienen por lo general numerosos flagelos cortos recubriendo su cuerpo llamados *cilios*, los cuales les permiten nadar rápidamente en el agua, crear corrientes de agua para atrapar su alimento, moverse a través de sustratos y sentir el medio que les rodea. Un gigante de los ciliados es *Nassula*. Este ciliado puede llegar a alcanzar tamaños de 200 μm y tiene un conspicuo aparato bucal (citostoma), que constituye una región especializada de la célula a través de la cual ingiere a las células que viven desprevenidas o simplemente no pueden resistir la agresividad del ciliado. Una de las comidas favoritas de *Nassula* son los filamentos largos de cianobacterias; se le ha visto ingerir largas cadenas de células que en longitud pueden alcanzar hasta un par de milímetros y acomodarlas en su interior (citoplasma) para luego digerirlas.

Por otro lado, aún en el reino de las células con núcleo (los eucariotas), aparte de aquellos organismos que consiguen su alimento a partir de otros (o

sea, usándolos como alimento), existen organismos que pueden fabricar su propia ración diaria de comida, los llamados *fotoautótrofos* (del griego *auto*, ‘sí mismo’, y *trofo*, ‘que se alimenta’). Estos organismos tienen la capacidad de *fotosintetizar*, es decir, utilizar la energía de la luz del sol para llevar a cabo reacciones metabólicas, que permiten formar su comida a partir de la incorporación en sus moléculas orgánicas del dióxido de carbono (CO₂) gaseoso encontrado en la atmósfera, principalmente producto de la respiración de los organismos *heterótrofos* (del griego *hetero*, ‘otro, desigual, diferente’, y *trofo*, ‘que se alimenta’). Aquellos eucariotas que han adquirido la capacidad de realizar fotosíntesis y desechar oxígeno (O₂) se llaman *algas*. Las reacciones necesarias para capturar la luz y fijar el CO₂ presente en el aire se llevan a cabo en unas organelas verdes, marrones, rojas o azulosas llamadas *cloroplastos*, que se localizan en el interior de su citoplasma y son rodeadas por un par de membranas. Entre algunos de los representantes de las algas eucariotas podemos encontrar las algas verdes, las algas rojas y las algas pardas donde se encuentran incluidas desde las diatomeas de 5 µm de largo hasta los kelps, ¡que llegan a ser más grandes que una ballena azul!³ Finalmente no podemos dejar de mencionar el pequeño grupo descendiente de entre las algas verdes: las plantas terrestres o, para ser un poco más estrictos, las algas secas, que se han adaptado al medio terrestre, han evolucionado en complejas estructuras y se han diversificado dramáticamente por crear semillas, hojas, tallos, raíces, flores, polen, etc.

Es imposible cubrir toda la diversidad microbiana presente entre los eucariotas, porque un gran porcentaje de ella permanece desconocida, aún sin ser descrita por los biólogos. Las diferencias a nivel molecular y celular son mucho más drásticas y fundamentales entre los protistas que entre los animales o las plantas. Los protistas (eucariotas, exceptuando los animales, las plantas y los hongos) comprenden el 99% del árbol evolutivo de los eucariotas; cumplen roles claves en los ecosistemas, como productores primarios (algas), consumidores (protozoos) o descomponedores; llevan mucho más tiempo en nuestro planeta y han dado origen a los grupos de eucariotas multicelulares que nos son visibles, a los cuales nos hemos acostumbrado y pertenecemos (animales). Los protistas han permitido y aún determinan nuestra existencia en gran medida. A continuación profundizaremos más en nuestro viaje microscópico, incrementaremos el aumento y... ¡nos introduciremos en el mundo de las bacterias!

3 Los kelps son hierbas marinas inmensas que pueden llegar a medir más de 80 metros de longitud y suelen formar bosques en aguas marinas poco profundas.

El diverso arsenal metabólico de los procariotas

A pesar de que estructuralmente son mucho más sencillas que las células eucariotas, los procariotas presentan algunas características únicas y les confieren ventajas sobre los eucariotas. Entre las más significativas se encuentra la impresionante diversidad metabólica que una célula procariota puede llegar a tener. Por ejemplo, hay que tener presente que la cantidad de reacciones metabólicas que una bacteria como *Escherichia coli* puede llevar a cabo para obtener energía supera el número de reacciones que la totalidad de los eucariotas pueden desempeñar. Esto sin tener en cuenta que nuestra famosa bacteria *Escherichia coli* contiene solo un repertorio reducido de la versatilidad metabólica encontrada entre sus compañeras procariotas.

A diferencia de los modos de nutrición presentes en los eucariotas, que solo pueden extraer energía de la luz o de los compuestos ya sintetizados por otros organismos, los procariotas presentan unos modos de nutrición únicos, simplemente inimaginables para un eucariota como nosotros, no familiarizados con su asombrosa biología. Los procariotas fueron los inventores de la fotosíntesis; entre ellos existe la fotosíntesis que produce el oxígeno como desecho (como la de las algas) y unas formas de fotosíntesis que no lo producen. Muchos de ellos tienen la capacidad de comer compuestos inorgánicos que son muy abundantes y de fácil obtención en la naturaleza: el azufre, el nitrógeno (NH_4 , NO_2 , NO_3 , N_2), el hierro, ¡incluso el hidrógeno! Como si no fuera suficiente, la mayoría de ellos mismos pueden no solo respirar oxígeno (respiración aerobia), sino también otros compuestos inorgánicos de elementos, como azufre, nitrógeno o hierro (respiración anaerobia), además de la capacidad fermentativa que también pueden llegar a tener (Madigan, Martinko, Stahl y Clark, 2010).

La vida en ambientes extremos

Otra de las increíbles adaptaciones encontradas en los procariotas y difícilmente observada en los organismos eucariotas es la capacidad de proliferar en ambientes extremos. Éstos incluyen hábitats donde las temperaturas superan los 80°C y pueden llegar hasta los 120°C , como en las fumarolas hidrotermales encontradas en las profundidades de los océanos. Otros ejemplos de hábitats extremos colonizados por estos organismos incluyen lugares donde las temperaturas se encuentran cerca de los 0°C , aguas extremadamente ácidas donde el pH es menor a 2, aguas alcalinas donde el pH está por encima de 10 y lagunas en que la concentración de sal puede llegar a ser mayor a 30% NaCl (cloruro de sodio). Tal vez el hecho más sorprendente de estos grupos de microorganismos no es que

puedan llegar a tolerar estas condiciones extremas, ¡sino que de hecho son en ellas donde mejor pueden desempeñarse! Las menos extremas son perjudiciales para ellos, que simplemente no sobrevivirían.

El microbioma y los ecosistemas invisibles

Durante años los científicos han luchado incansablemente frente a las bacterias: el desarrollo de antibióticos ha sido la principal arma en esta difícil guerra. Sin embargo, la concepción negativa sobre las bacterias ha estado cambiando a medida que los investigadores se familiarizan cada vez más con los 100 billones de microbios que llaman hogar a nuestro cuerpo. Este colectivo de organismos es conocido como *microbioma*. Con un microbioma adecuado, nutrido y balanceado se mantiene la salud de nuestros cuerpos y posiblemente se lucha contra las enfermedades infecciosas o al menos se disminuya los efectos de ellas. Incluso se ha relacionado estos ecosistemas invisibles con desórdenes que a simple vista no tienen mucho que ver con bacterias, como la diabetes y la obesidad.

Las nuevas investigaciones están revelando los caminos por los cuales nuestros residentes invisibles dan forma a nuestras vidas desde el nacimiento hasta la muerte. Por ejemplo, en la estimulación y desarrollo de la barrera epitelial, la estimulación de la angiogénesis intestinal, la regulación de la nutrición, algunas funciones metabólicas y la regulación de la respuesta inmune neonatal (The Human Microbiome Project Consortium, 2012).

Aunque las investigaciones sobre los microbiomas se han enfocado en las bacterias, la diversidad microbiológica es bastante amplia. Por ejemplo, nuestros cuerpos también albergan virus, que infectan tanto nuestras células como las de las bacterias, hongos y protozoos que nos acompañan. El conjunto de virus de nuestro cuerpo es llamado *viroma*.

Los virus como parte de nosotros

Por otro lado, también existen unos microorganismos llamados *virus*, que, a diferencia de los mencionados en los párrafos anteriores, no son células, sino pequeños complejos de proteínas que contienen ácidos nucleicos (también encontrados en el núcleo de las células), donde se guarda la información genética. El nombre *virus* fue acuñado del latín: significa 'líquido viscoso o veneno'. Los virus también son parte del micromundo que hemos mencionado; son todo un ejemplo de simplicidad y a la vez de complejidad. Una maravilla de la naturaleza que nos asombra con su sin fin de estrategias e inalcanzable diversidad.

Generalmente pensamos en los virus como en pequeñas cosas que nos hacen enfermar. Sin embargo, no todos los virus nos infectan o enferman: algunos tienen como hospedero nuestras células, aunque nunca nos demos por enterados, o por el contrario infectan células que, si bien no son nuestras, están sobre o en el interior de nuestro cuerpo, como las bacterias y las levaduras.

Entonces lo anterior nos lleva a la duda: ¿qué son los virus? ¿Están vivos los virus? En general se toma a los virus como microorganismos no vivos, materia orgánica compleja e inanimada, no poseen ninguna forma de energía o metabolismo y solo pueden replicarse y evolucionar dentro de las células. No obstante, es aún un tema bastante controversial entre los científicos. Por ahora podemos decir que los virus no son células, pero sí que dependen totalmente de otras células para su supervivencia. Los virus pueden ser entendidos como parásitos subcelulares que infectan seres vivos y toman ventaja de los procesos metabólicos celulares para producir otros virus. La replicación viral, al ser dependiente del hospedero, separa a los virus de los organismos celulares. Sin embargo, aquellos contienen sustancias característicamente encontradas en los seres vivos, pero en cosas como el movimiento, la alimentación, el crecimiento, la respiración, la excreción, la sensibilidad y la reproducción, solo la última es relevante y puede ser aplicada a los virus, no en un sentido estricto (Hegde, Maddur, Kaveri y Bayry, 2009).

Los ciclos virales

Es un hecho que algunos virus pueden causar enfermedades. Muchos de ellos permanecen latentes durante muchos años y de manera increíble; cuando las condiciones celulares son adecuadas, cosas maravillosas pasan. Una sola partícula viral puede secuestrar y apropiarse de toda la maquinaria del hospedero y forzarlo a crear cientos o miles de copias de su material genético. Después de este proceso, nuevas partículas virales son liberadas para infectar nuevas células, y la célula hospedera inicial muere. Entre las infecciones virales más conocidas están la viruela, la poliomielitis, la fiebre del dengue, la varicela, el sarampión y algunos resfriados.

Clínicamente, algunos virus son difíciles de tratar. Además, los antibióticos son inútiles contra ellos y la inmunización es la única defensa en contra de las enfermedades virales serias.

En general, los pasos para que un virus secuestre la maquinaria celular de la célula hospedera son:

- La partícula viral se une a una célula adecuada, posteriormente el material genético del virus es internalizado.
- El material genético viral toma el control de la célula y la célula empieza a producir proteínas virales y copias del material genético del virus.
- Las proteínas que conforman la partícula viral y el material genético se unen para formar partículas virales maduras similares a la primera partícula que entró a la célula.
- Las nuevas partículas salen del hospedero listas para infectar otras células.

Microcosmos viral

Conteos de las partículas virales por medio del microscopio electrónico han mostrado que los virus son bastante abundantes en la mayoría de los ambientes conocidos. Se ha demostrado que un litro de agua de mar puede contener 10^{10} partículas virales. Eso es aproximadamente diez veces más que el número de bacterias existentes. Por otro lado, los ambientes terrestres pueden contener 10^9 partículas virales por gramo. Por extrapolación a los diferentes ambientes, los virus son las entidades biológicas más abundantes de la biosfera, con un conteo estimado de 1.2×10^{30} , 2.6×10^{30} , 3.5×10^{31} y $0.25-2.5 \times 10^{31}$ en el océano abierto, en el suelo y en las subsuperficies acuáticas y las terrestres, respectivamente. ¿Pero realmente qué significan estos números? ¿Qué tan grande es 10^{31} ? Si colocáramos cada virus, uno junto al otro en una línea recta, se extenderían 200 millones de años luz en el espacio, algo casi inimaginable (Suttle, 2007).

Estos números exorbitantes también están en nosotros, por ejemplo, respecto a la microbiota humana, las 10^{13} células humanas son superadas diez veces por las bacterias y cien veces por los virus. Sin embargo, nosotros no nacemos con ellos; la adquisición se va dando en los estadios tempranos, mientras estamos en el útero o perinatalmente durante las primeras semanas después del nacimiento. De hecho, en humanos recién nacidos, ninguna partícula viral ha sido detectada, pero alrededor de 10^8 partículas virales por gramo de heces pueden ser contabilizadas al final de la primera semana de nacimiento. La mayoría de esas partículas virales en general son bacteriófagos (virus que infectan bacterias) (Sharma, Young, Mshvildadze y Neu, 2009).

Conclusiones

Hasta ahora hemos visitado un mundo que es invisible y tal vez desconocido para la mayoría de nuestros lectores. El papel de este mundo microscópico y de

sus integrantes es muy importante, como ya se ha enfatizado. Pero es importante añadir también que actualmente podemos aprovechar el conocimiento de su biología para nuestro beneficio, extendiendo su estudio básico a las aplicaciones médicas y biotecnológicas. Algunos ejemplos de ellas incluyen la producción de combustibles verdes, la síntesis de diferentes compuestos, como los antibióticos o las enzimas, la terapia génica, la fágica y los trasplantes de microbiota, entre otro sinfín de aplicaciones.

Es importante resaltar la belleza y diversidad de los microorganismos (virus, bacterias y protistas), por lo general ignorados en nuestro día a día mientras no se encuentren causando problemas como las enfermedades (una gran minoría, por cierto). Ellos fueron los primeros habitantes de nuestro planeta, los testigos de sus principales revoluciones biológicas, los constructores de nuestra biosfera, los ancestros de nuestro linaje y de las plantas terrestres. En nuestro mundo actual se hace imprescindible que entendamos la relación del micromundo con nuestro macromundo y la influencia que sus pequeños integrantes han tenido en nuestro planeta desde el origen de la vida hasta hoy, reconociendo el papel que aún cumplen y las potenciales aplicaciones que el estudio sobre ellos puede tener. En nuestro día a día nos olvidamos de ese increíble mundo microscópico, un microcosmos del cual nos separamos hace unos 550 millones de años con el origen de la multicelularidad animal: un mundo al cual dejamos de pertenecer.

Referencias bibliográficas

MADIGAN, Michael T. *et ál.* (2010). *Brock Biology of Microorganisms*. 13^a. ed. San Francisco: Benjamin Cummings.

METHÉ, Barbara A. *et ál.* (2012). «A Framework for Human Microbiome Research». En: *Nature*, Vol. 486, N° 7.402, pp. 215-21. De la colección The Human Microbiome Project Consortium.

HEGDE, Nagendra R. *et ál.* (2009). «Reasons to Include Viruses in the Tree of Life». En: *Nature Reviews. Microbiology*, Vol. 7, N° 615, pp. 306-311.

SUTTLE, Curtis A. (2007). «Marine Viruses: Major Players in the Global Ecosystem?» En: *Nature Reviews. Microbiology*, Vol. 5, N° 10, pp. 801-812.

SHARMA, Renu *et ál.* (2009). «Intestinal Microbiota: Does It Play a Role in Diseases of the Neonate?» En: *NeoReviews*, Vol. 10, N° 4, pp. 166-179. Elk Grove Village: American Academy of Pediatrics.