



Nuestros microcompañeros

Hernández-Hernández, Marisela; Valenzuela-Encinas, César; Hernández-Meneses, Raquel; Aguirre-Hidalgo, Victor

Nuestros microcompañeros

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 28, núm. 3, noviembre 2021-febrero 2022 | **e139**

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Hernández-Hernández, M., Valenzuela-Encinas, C., Hernández-Meneses, R. y Aguirre-Hidalgo, V. (2021). Nuestros microcompañeros. CIENCIA *ergo-sum*, 28(3). <https://doi.org/10.30878/ces.v28n3a10>

Nuestros microcompañeros

Our micro-companions

Marisela Hernández-Hernández

Instituto Tecnológico de Sonora, México

marisela.hernandez218331@potros.itson.edu.mx

 <http://orcid.org/0000-0001-6909-5050>

Recepción: 20 de octubre de 2020

Aprobación: 28 de abril de 2021

César Valenzuela-Encinas

Universidad de la Sierra Juárez, México

cesarvzlae@unsij.edu.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-4241-2973>

Raquel Hernández-Meneses

Escuela Nacional Preparatoria No. 8, México

raquel.hernandez@enp.unam.mx

 <http://orcid.org/0000-0001-7499-7104>

Victor Aguirre-Hidalgo

Universidad de la Sierra Juárez, México

Autor para correspondencia: victor@juppa.unsj.edu.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-9912-8076>

RESUMEN

Se explican algunos aspectos de los microorganismos y demás entes (virus), así como su importancia en algunas áreas de la industria (biotecnología). Se usaron las estructuras, hábitats e interacciones. A partir de los elementos desarrollados se tendrá un acercamiento de las características de estos microseres y demás agentes infecciosos (virus), así como la manera en que nuestra vida puede coexistir con ellos. Conocer nuestro entorno permite acercarnos a la realidad en la que actualmente estamos y comprender que hay microseres y otros entes que no vemos pero con los que cotidianamente convivimos de tal manera que al preguntarnos “quién nos acompaña” nuestra respuesta tenga inmersa a los organismos que no percibimos por nuestros sentidos.

PALABRAS CLAVE: ser vivo, microorganismo, agente infeccioso, hábitat, biotecnología.

ABSTRACT

This work seeks to explain some aspects of microorganisms and other entities (viruses). To accomplish this, we analyze their structure, habitat and interactions. As well as to mention their importance in some areas of the industry (biotechnology). In the end, we will have an approach with micro-beings and other infectious agents (viruses), as well as the way in which our life can coexist with them. Knowing the surrounding world, allows us to be more conscious with the reality we are currently living. It also helps to understand we are surrounded by micro-beings and other entities. Once we realize we are not alone, it is easy to answer the following question: Who coexists with us? Our response must include organisms we do not perceive.

KEYWORDS: Living being, microorganism, infectious agent, habitat, biotechnology.

INTRODUCCIÓN

La pandemia generada por el coronavirus SARS-CoV-2 es un parteaguas histórico en el ámbito global; ha redefinido las dinámicas que la sociedad humana tiene en diferentes niveles (movilidad, económico, político, educativo, salubridad, entre otros) y seguramente este momento será un referente para las generaciones futuras.

Las interacciones sociales también se han visto modificadas, puesto que se ha aprendido a convivir en un entorno de distanciamiento social, es decir, alejados del bullicio común de la sociedad.

Para un animal altamente social como es el hombre, esta situación puede llegar a convertirse en un factor de alto estrés. No importa que se diga que “no estás solo”, puesto que es más significativo no sentirse aislado de los semejantes. Por ejemplo, es más fácil aceptar como compañía a un perro o un gato que a las aves, los peces, los anfibios o los reptiles; mucho más difícil es aceptar como compañía a los insectos, las arañas o las lombrices y aún más difícil a los protozoarios o a las bacterias como parte de nuestro entorno. Sin embargo, es un hecho que desde que se nace se comienza a respirar y en ese momento del primer alimento y volver a respirar tenemos compañía; no la notamos, ni siquiera la percibimos, pero si la tenemos a nuestro alrededor; incluso, cohabitan en nuestro cuerpo y permanecerán ahí todo el tiempo que tengamos vida.

Esta compañía ha sido protagonista en la historia evolutiva de la vida en la tierra. Le suelen llamar *bichitos*, *gérmenes*, *bacilos*, *microorganismos*, *microbios*, o ser más tiernos y referirnos a ellos como microbitos; así de protagonistas llegan a ser, aunque no lo queramos o, aunque no lo supiéramos. Lo que es un hecho es que sus ancestros fueron los primeros habitantes de la Tierra. En el contexto de nuestra nueva normalidad, es esencial reiterar que los microseres forman parte de nuestro entorno. Su presencia nos ha permitido tener una amplia gama de servicios de gran utilidad. También nos es claro que no todo es positivo, pero aún el lado negativo de nuestra interacción con estos seres microscópicos abre amplias posibilidades para seguir entendiéndolos y seguir comprendiendo que nosotros somos uno más en esta gran comunidad de seres vivos que tiene nuestro planeta.

1. LOS MICROBITOS EN LA TIERRA

En un principio, esto es, hace unos 3.5 millones de años, en la tierra solamente vivían microorganismos con metabolismo anaerobio (capaces de vivir sin oxígeno) (Álvarez-Martínez, 2016; Morag *et al.*, 2016; Javaux y Lepot, 2018). En ese tiempo, la tierra no tenía oxígeno y predominaban gases tales como el nitrógeno y el dióxido de carbono (N₂ y CO₂). Estos gases fueron de los que se valieron los primeros pobladores de la tierra, que por cierto aún existen individuos en ciertas zonas del globo terráqueo que ocupan el mismo metabolismo que los primeros pobladores, a los cuales se les conoce como *metanógenos* (*productores de metano*). *De hecho, el crecimiento de estos organismos es inhibido por la presencia de oxígeno. En los siguientes mil millones de años comenzaron a ser más abundantes los microorganismos fotótrofos, aquellos que son capaces de obtener energía a partir de la luz solar* (Sanz-Martínez, 2019). Tomó casi otros mil millones de años para que aparecieran las cianobacterias, que es el primer grupo de microorganismos (junto con otras bacterias y microalgas) capaces de generar oxígeno como producto de su metabolismo. Es en este periodo que comienza un cambio drástico del ambiente terrestre, pues la atmosfera pasó de ser predominantemente reductora a una atmosfera en el que abundara el oxígeno (Madigan *et al.*, 2015; Corrales *et al.*, 2015; Zimorski *et al.*, 2019). La aparición de microorganismos capaces de producir oxígeno marcó el surgimiento de toda una variedad de seres vivos con metabolismo aeróbico; las bacterias y los humanos son ejemplo de ello.

Poco a poco se ha ganado conocimiento acerca de la amplia variedad de seres (microscópicos y macroscópicos) que habitan la tierra. A lo anterior, ahora se le suman “entes” (aún no definidos como “organismos”), que son capaces de interactuar con todos los seres vivos. Estos entes no solamente tienen nombre, sino que también han sido fotografiados, han sido descritos en su forma y en su estructura y también se ha comenzado a generar su propia clasificación. Ha transcurrido más de un siglo desde que Félix d’Herelle (1915) se refiriera a ellos como agentes infecciosos capaces de inhibir el crecimiento de cepas bacterianas, por lo que se les reconoció como bacteriófagos y en la actualidad también son denominados *virus* (Guzmán, 2015; Murray *et al.*, 2017). Por las investigaciones más recientes se sabe que los virus son parásitos intracelulares obligados, inertes en el entorno extracelular. Si los virus infectan a los humanos, se denominan *virus humanos* y están ubicados dentro de la clase de virus animales; a los que infectan a las bacterias, *bacteriófagos* (*fagos*) (Guzmán, 2015); y a los que infectan a las plantas, *virus vegetales* (Gupta y Gupta, 2018).

Virus, microorganismos y en general cualquier ser vivo tiene como característica particular tener una estructura definida. Dicha estructura es la que se ha usado para caracterizar a cada uno y clasificarlos por las similitudes que comparten (Buckley *et al.*, 2015).

2. ORGANIZACIÓN CON BASE EN SUS ESTRUCTURAS

Los seres vivos están formados por estructuras o sistemas celulares que permiten diferenciarlos. Se puede comparar cada uno de los sistemas celulares con pequeñas divisiones que dan forma a una casa teniendo una o varias divisiones internas (casas con un cuarto o casas con muchos cuartos). Para esclarecer lo dicho, se puede pensar en una casa con muchas secciones o cuartos como la cocina, comedor y dormitorios. En cada uno de ellos se realizan diferentes actividades: en la cocina se preparan alimentos, en el comedor se disfrutan y en los dormitorios se descansa. Cada cuarto es específico para realizar diferentes actividades, pero todos son valiosos en el estilo de vida de los dueños de la casa.

En los organismos se pueden encontrar los que tienen una sola estructura interna o los que tienen varias estructuras internas. Cada grupo de divisiones hace referencias a organelos que llevan a cabo diferentes funciones y que dentro de las células se delimitan unos de otros. De un modo sencillo, se diría que casi todo lo que el organismo requiere para realizar sus funciones se hace en un enorme cuarto de la casa o en alguna parte de las divisiones internas.

Los organismos denominados *eucariotas* (reconociendo a los animales, plantas, hongos, protozoarios, algas) tienen como estructura común la presencia de un núcleo, en donde está situado el material genético (ADN) que se encuentra altamente compactado (cromosomas): algo similar a que si se enrollara una madeja de estambre de una manera muy compacta. El núcleo contiene la información del organismo para llevar a cabo funciones y su replicación a través de procesos reproductivos (aunque también existe el ADN extranuclear: ADN plasmídico (Borja *et al.*, 2014), ADN mitocondrial (Logacheva *et al.*, 2020) y ADN de cloroplastos (Li *et al.*, 2020). Para este trabajo, basta con saber que no sólo el núcleo tiene ADN.

En los organismos donde el material genético no está en un compartimiento o sitio específico se les denomina *procariotas* (Rubio-Bijar, 2019). Sin embargo, cuentan con ADN extracromosómico (contenido plasmídico) que les confiere adaptabilidad a ambientes (Bennett, 2008). En los microorganismos la ausencia o presencia de divisiones se relaciona con la ausencia o presencia de núcleo, que es la característica utilizada para diferenciar a organismos eucariontes (con ADN en núcleo) de organismos procariontes (ADN en el citoplasma). Lo anterior permite reconocer los dos tipos de células (Rubio-Bijar, 2019).

En la actualidad se emplea una clasificación en la que se habla de dominios (niveles altos para agrupar a los seres vivos). Para este caso no basta la diferenciación entre formas, sino que ahora se busca conocer el material con el que está fabricado cada bloque. Esta clasificación permite distinguir tres líneas filogenéticas o bien tres líneas evolutivas (es decir, de ancestría) tomando como base la comparación de las secuencias de ARN ribosomal (requerido para sintetizar proteínas que demande el organismo) (Madigan *et al.*, 2015).

Aunque el ADN y el ARN sirven para guardar la información genética y determinar todas sus características, el ARN es más simple y se cree que surgió antes que el ADN (Rajendhran y Gunasekaran, 2011; Buckley *et al.*, 2015). Con base en esta agrupación se tiene el dominio *Eucarya* (que comprende los eucariotas), *Bacteria* y *Archaea* (estos dos últimos dominios forman a las procariotas). El tamaño de los microorganismos comprendidos en el dominio *Eucarya* es mayor a los 100 μm , mientras que el tamaño de los microorganismos comprendidos en los dominios *Bacteria* y *Archaea* está entre 1-5 μm (Audesirk *et al.*, 2003). Para entender las dimensiones de estos organismos fíjese una regla, ubique la graduación más pequeña, ahora divídala 1 000 veces y dentro de esas porciones se encontrará el tamaño de un microorganismo, que por cierto es muy probable que la regla tenga microorganismos; para poder ver estos microseres y agentes infecciosos se necesita usar microscopios. Una vez que se enfocan es más factible distinguir las diferentes estructuras que caracterizan a cada uno (Aguirre-Hidalgo *et al.*, 2014). Gracias al microscopio se logró clasificar a los microorganismos, pero fue el avance de las técnicas para análisis del genoma que permitió desarrollar una clasificación menos artificial y con caracteres que definen a cada uno de los grupos.

3. GRUPO EUCARYA

3. 1. Microalgas

Las microalgas son organismos unicelulares (conformados por una sola célula); cuentan con un núcleo y una membrana plasmática que contiene organelos como el cloroplasto, amiloplastos, oleoplastos y mitocondrias. Cuentan con pigmentos como clorofilas, carotenoides y ficobiliproteínas. Tienen formas variables (esféricas, en forma de mediluna, espiral en gota o estrella). Son capaces de formar colonias y crecer en soluciones acuosas. Además, estos seres sintetizan oxígeno y metabolitos primarios como carbohidratos, grasas y proteínas (Skácelová *et al.*, 2013; Tebbani *et al.*, 2020).

3. 2. Hongos

3. 2. 1. Hongos microscópicos

Dependiendo de la especie, el tamaño puede variar, registrándose tamaños que van de 14.4 μm pasando por 23, 60 o hasta 160 μm (Galindo-Flores *et al.*, 2015). Estos hongos permiten el establecimiento, la supervivencia y el desarrollo de la planta durante las etapas temprana al facilitar la absorción y el transporte de nutrientes como P, K, NH_4 , NO y agua (Trejo *et al.*, 2011; Galindo-Flores *et al.*, 2015).

3. 2. 2. Levaduras

Este término agrupa a una variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales. Son consideradas hongos unicelulares y por lo general sus células son ovaladas, pero también pueden encontrarse en forma esférica, cilíndrica o elíptica, alcanzan un diámetro entre 4 y 5 μm y se reproducen por fisión binaria o gemación y algunas pueden ser dimórficas o bifásicas y rara vez crecen como micelio dependiendo de las condiciones (Suárez-Machín *et al.*, 2016).

3. 3. Protozoos

Son células eucariotas (sus células tienen membrana nuclear) con características del reino animal, ya que en alguna etapa de su desarrollo son móviles (Álvarez, 2017) y heterótrofos, aunque también hay holofíticos, es decir, que producen alimento por fotosíntesis (como las plantas), y aún aquellos que combinan los dos métodos (Álvarez, 2017). La mayoría de los protozoos se consiguen ver con un microscopio; su tamaño oscila entre 10 y 50 μm y algunos otros sólo tienen 2 o 3 μm de longitud (Álvarez, 2017). Forman colonias y su simetría puede ser bilateral, radial o esférica. Además, pueden ser uni o multinucleados. Algunas de estas especies cuentan con cápsulas protectoras o testas; son capaces de formar quistes o esporas resistentes para sobrevivir a las condiciones adversas o para la dispersión (Álvarez, 2017). Su reproducción es sexual, asexual o una combinación de ambos procesos en diferentes etapas de vida (clase Coccidea) (Álvarez, 2017).

4. BACTERIA Y ARCHAEA

Tanto las bacterias como las archaeas son por lo regular organismos con un diámetro de alrededor de 0.2 a 10 μm . Su tamaño es casi un orden de magnitud menor en comparación con las células eucarióticas, cuyo diámetro fluctúa alrededor de 10 hasta 100 μm (Audesirk *et al.*, 2003). Las archaeas y las bacterias son típicamente organismos

unicelulares (solamente una célula) que, en su mayoría, se dividen por escisión binaria, es decir, se separan en dos individuos independientes. Ni las bacterias ni las archaeas tienen núcleo ni orgánulos rodeados por membranas, con excepción de los ribosomas, los cuales participan en la producción de proteínas como la DNA polimerasa, encargada de la replicación del DNA.

5. VIRUS

Los virus son entes –no son organismos vivos dado que no pueden autorreplicarse– con un tamaño de alrededor de 20 a 300 nm de diámetro y contienen un sólo tipo de material genético (ácido nucleico RNA o DNA) en su genoma. Los virus no tienen núcleo, citoplasma, mitocondrias u otros organelos celulares, por lo que al replicarse requieren de células vivas donde actúan como parásitos a nivel genético; es decir, no podrán reproducirse sin la presencia de células hospederas, de las cuales ocupará su proceso de replicación para generar nuevas estructuras víricas (Brooks *et al.*, 2014; Madigan *et al.*, 2015). El ácido nucleico viral contiene la información necesaria para sintetizar macromoléculas virales específicas necesarias para la producción de progenie viral (Brooks *et al.*, 2014). En otras palabras, no logran generar los bloques para construir la casa, sino que deben apoyarse de los ya formados a partir de su hospedero. Una vez en su hospedero, los virus serán capaces de construir su propia casa. De no ser así, simplemente no podrán habitar una casa o en su defecto “vivir” en ella.

6. HÁBITAT E INTERACCIONES

Las microalgas cuentan con la capacidad de adaptación y supervivencia para colonizar diferentes ambientes. Suelen encontrarse en aguas termales, ácidas e hipersalinas, asociadas a otros microorganismos como simbiosis y parásitos. Así también, son capaces de soportar temperaturas muy bajas o extremas (Wang *et al.*, 2020).

La mayoría de los microhongos y las levaduras toleran un rango de pH entre 3 y 10, pero les resulta favorable un medio ligeramente ácido con un pH entre 4.5 a 6.5, y son capaces de competir con algunas bacterias (Suárez-Machín *et al.*, 2016).

Los protozoos habitan ambientes húmedos o medios acuáticos y también suelos, pueden formar interacciones de tipo comensales, mutualistas o parásitos y son una fuente importante del alimento para los microinvertebrados (Álvarez, 2017). Así, el papel ecológico de protozoos a los niveles tróficos sucesivos es importante. Los protozoos, tales como *Plasmodium spp.*, *Trypanosomas spp.* y *Leishmania spp.*, son también importantes como parásitos y simbiosis de animales multicelulares (Rubio Ortiz *et al.*, 2017; Álvarez, 2017).

Con el paso del tiempo y al igual que en el caso de los eucariotas, las archaeas y las bacterias se diversificaron y fueron capaces de colonizar una amplia variedad de hábitats terrestres (Buckley *et al.*, 2015; Shrestha *et al.*, 2018). Pueden ser aerobias o anaerobias, estrictas o facultativas (Oren, 2014; Corrales *et al.*, 2015). Las formas aerobias y anaerobias de bacterias han alcanzado una inmensa diversidad de hábitats: aguas residuales, zonas calientes y frías, terrenos fangosos, fisuras de rocas y sedimentos marinos (Soria, 2004; Flórez *et al.*, 2008; Salgado-Bernal *et al.*, 2012). También se alojan como parásitos o simbiosis de peces y persisten por tiempos prolongados asociados con raíces y tallos de plantas; asimismo, se encuentran como contaminantes en alimentos (Castro-Jalca *et al.*, 2020).

En particular, las archaeas han podido adecuarse a ambientes considerados fisiológicamente extremos (Madigan *et al.*, 2015; Shrestha *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2020). Toleran temperaturas superiores a 100 °C o inferiores a 0 °C (termófilos y psicrófilos) (Berg *et al.*, 2010), están presentes en lugares con concentraciones salinas muy superiores a las del mar (hipersalinos) y son capaces de soportar pH extremos (halófilas o alcalófilas). Pero, por otro lado, tanto archaeas como bacterias pueden ser menos extremas y habitar ambientes moderados sin que la ausencia o presencia de oxígeno las limite; es decir, pueden ser aerobias o anaerobias, estrictas o facultativas (Buckley *et al.*, 2015; Corrales *et al.*, 2015).

Como se ha dejado claro, los microorganismos han estado en la tierra mucho antes que cualquier organismo multicelular y pueden habitar todos los sitios que la mente puede imaginar en este momento. En cada uno de sus hábitats desarrollan un papel importante para su existencia y la de los demás organismos vivos. ¿Cómo sabemos lo anterior? Sencillo: sólo basta respirar y comer. ¡Sí! Respirar y comer. Para un animal sería vivir las primeras interacciones con otros microorganismos y, por qué no decirlo, con virus también.

Al nacer, un bebé saludable posee un tracto intestinal completamente libre de microorganismos. Este proceso de colonización ocurre en las primeras horas después del nacimiento (Urrea *et al.*, 2018). Las bacterias, en este caso, entran al cuerpo del nuevo habitante de la tierra a través de su boca y nariz como resultado del contacto con el ambiente que lo rodea, donde los microorganismos de la madre son los primeros en el juego que pueden ser transferidos de su rostro, manos, pezones y por la forma de nacer (cesárea o parto) (López-Goñi, 2020). Muchas de estas bacterias transferidas al bebé mueren en el estómago, pero otras son capaces de emplear la leche materna como sustrato para su crecimiento. De entre los primeros microorganismos en colonizar el nuevo tracto digestivo se encuentran las bacterias aeróbicas tales como *Escherichia coli* y *Enterococcus*. Conforme el tiempo pasa y el bebé se convierte en adulto, la microbiota también va cambiando progresivamente de acuerdo con la dieta. También se ve modificada por la medicación, la presencia de otros microorganismos, el clima, la temperatura o el estrés (Mariño-García *et al.*, 2016; Urrea *et al.*, 2018). A su vez, algunos grupos de dicha microbiota pueden ocasionar enfermedades; un ejemplo de esto se da por la generación de aerosoles a través del estornudo, medio que la bacteria causante de la tuberculosis, *Mycobacterium tuberculosis*, emplea para infectar al menos a un tercio de la población mundial (Madigan *et al.*, 2015).

M. tuberculosis no es el único microorganismo que entra por las gotas de un estornudo, sino también se transfieren los virus que generan problemas respiratorios, como el de la gripe y la influenza, entre otros (Pérez *et al.*, 2020). Este medio de transporte también lo usan los virus, como los de la familia Coronavirus (Chen *et al.*, 2020), que son capaces de infectar según el tipo de genoma con el que cuentan. Estos mecanismos útiles para los virus se dan por la infección que ocasionan a las células hospedadoras.

Por su parte, algunas bacterias emplean a otros animales como vectores o sistemas de transporte como ejemplo *Anaplasma platys* y *Ehrlichia canis* las cuales tienen una existencia estrictamente intracelular en vertebrados, normalmente en mamíferos (Ozubek *et al.*, 2018). *Salmonella* es un bacilo móvil, habitante del intestino de animales muy común en aguas fecales. Este bacilo es causante de infecciones gastrointestinales en el ser humano, y puede ser mortal en recién nacidos (Buckley *et al.*, 2015).

Aunque el papel de estos microorganismos parezca “malo”, su naturaleza así lo requiere; de manera más cruda, “la naturaleza no conoce el concepto de ética”. Cada ser interactúa con el entorno realizando funciones necesarias para la supervivencia propia y la de otros grupos de seres vivos. Por ejemplo, aunque la fotosíntesis es realizada por los vegetales y algunos procariotas, la fijación del nitrógeno se logra únicamente por la presencia de los procariotas (Baca *et al.*, 2000; Verhamme *et al.*, 2011). El descubrimiento de la fijación biológica de nitrógeno en las leguminosas remonta al siglo XIX con los trabajos del francés Jean-Baptiste Boussingault y de los alemanes Hermann Hellriegel y Hermann Wilfarth, los cuales establecieron que el N₂ del aire se fijaba en los “nudos” de la raíz. En la actualidad esta estructura es llamada *nódulo radicular*; los nódulos radiculares son estructuras resultantes de la simbiosis entre planta y la bacteria *Rhizobium*, fijadora del nitrógeno (Beltrán-Pineda, 2014; Puebla *et al.*, 2019). Es claro que algunas plantas y algunas bacterias interactúan de tal manera que existe ventajas para cada una: la planta obtiene nutrientes y la bacteria obtiene un lugar para proliferar (Corrales-Ramírez *et al.*, 2014).

Todos los microorganismos y los virus llevan a cabo funciones en la matriz en la que se desarrollen (suelo, agua, aire), las cuales suelen ser benéficas o no para el medio o los seres vivos con los que se asocian. El estudio en el campo de cada uno de estos microorganismos y virus han permitido el uso conveniente de la información según sea el caso.

7. BIOTECNOLOGÍA

Aunque no se observen, tanto los microorganismos como los virus permiten abordar muchos temas de biotecnología y su relación con el medio a nuestro alrededor. Los microorganismos y también los virus son parte fundamental en la vida de todos los seres que habitan el planeta y de los cuales hemos aprendido a obtener lo que ahora se le llama *servicios ambientales*.

7. 1. Como uso ambiental

Una aplicación de los microorganismos es como biorremediadores. La biorremediación microbiana (limpieza de los suelos y aguas contaminadas) es un método para eliminar sustancias tóxicas como compuestos aromáticos y agrícolas ingresados en el suelo que pasan luego a agua subterráneas. Para eliminar estos compuestos tóxicos se estimula la biodegradación a partir de la microbiota presente o se introducen células bacterianas para acelerar el proceso de la degradación; es decir, se emplea el uso del potencial metabólico de los microorganismos (Madigan *et al.*, 2015; Cychón *et al.*, 2019; Hernández *et al.*, 2017, Cruz-Narváez *et al.*, 2019). Un ejemplo que fue muy útil para limpiar derrames de petróleo es el que usaron Ricoy *et al.* (2012). Estos autores aislaron cepas bacterianas de *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *Burkholderia* originarias de suelos contaminados con petróleo, que fueron capaces de crecer en medios con antraceno y diésel (combustible); además, presentan actividad degradadora hacia estos hidrocarburos. A partir de estos aislados se dio la transferencia de la actividad degradadora de diésel a *Escherichia coli* DH5 α (que no es capaz de realizar dicha degradación de manera natural). Las cepas transformadas de *E. coli* DH5 α expresaron un polipéptido de 70KDa (no expresado en cepas sin transformación) que, se sugiere, fue codificado por el plásmido de 11Kpb que funciona como un transportador de moléculas hidrocarbonadas tipo diésel desde el medio de cultivo al interior de la célula bacteriana, por lo que este mecanismo funciona perfecto para remover hidrocarburos.

Otro ejemplo de restauración es la incorporación de mayor biota a suelos: algunos suelos ricos en humus y suelos de pastura poseen mayor diversidad y densidad bacteriana que puede aumentarse si se le incorpora abonos verdes (Gómez-Acata *et al.*, 2016). Estos suelos pueden verse como un gran banco de microorganismos con uso potencial para restaurar ambientes naturales (Beltrán-Pineda *et al.*, 2017).

Ahora bien, algunos virus y bacteriófagos de plantas pueden ofrecer ventajas. Estos entes se han empleado como biopesticidas para control de malezas. Con lo que se sabe de su estructura, se tiene el conocimiento para producir y diseñar nanopartículas virales (VNP, por sus siglas en inglés) útiles como plaguicidas contra nematodos parásitos (Sainsbury *et al.*, 2010; Czapar y Steinmetz, 2017). En la medicina a las VNP se les ha reconocido como estimulantes del sistema inmunológico, ya que tienen una utilidad como vacunas en inmunoterapia sin el riesgo de integración o replicación de su ADN en el individuo inoculado; este último sigue siendo un problema de seguridad para las vacunas atenuadas o inactivadas (Czapar y Steinmetz, 2017).

7. 2. Pasando al ámbito industrial

Actualmente, el estudio de genomas completos y su relación con el ambiente (metagenómica) ha permitido ampliar el estudio de los microorganismos incluyendo los virus (Bonilla-Rosso *et al.*, 2008; Aguilar-Bultet y Falquet, 2015). Por ejemplo, se ha descubierto que las bacterias poseen pequeñas moléculas circulares constituidas por una doble cadena de ADN capaces de moverse entre organismos; estos elementos se conocen como *plásmidos* (mencionado en un apartado anterior) (Bolívar, 2004; Bennett, 2008; Borja *et al.*, 2014). Estas moléculas constituyen una unidad de replicación independiente (no se copia al mismo tiempo que el ADN del cromosoma) y puede encontrarse más de una copia del mismo plásmido dentro de la célula bacteriana, por lo que es útil como unidad de clonación, así como de fácil manipulación e inserción de nuevas secuencias genéticas.

Para la industria alimentaria, la propuesta de contar con tratamientos de desinfección es primordial, por lo que las de tratamientos se han basado en el uso de los plásmidos para expresar proteínas líticas como uso antimicrobiano (presente en bacteriófagos, que facilitan la entrada de su material genético a las células hospederas). Como ejemplo del uso de este mecanismo se encuentra la eliminación de bacterias responsable de infecciones cutáneas y de intoxicación por alimentos como *Staphylococcus aureus*, que tiene la capacidad de sobrevivir en ambientes hostiles como las superficies de la industria alimentaria. En este caso, los cultivos de dicha bacteria fueron expuestos a proteínas líticas expresadas mediante la transformación de plásmidos de *E. coli*, que resultó positivamente para la eliminación de esta especie infecciosa. Este método antimicrobiano tiene potencial para su uso como desinfectantes en la industria alimentaria.

Otro ejemplo de microorganismos para la industria alimentaria dedicada a alimentos fermentados por considerar es el desarrollo de aditivos que les proporcionen nuevas características físicas y funcionales. En este sentido, se logra la producción de la primera transglutaminasa microbiana (como adhesivo para alimentos, genera entrecruzamiento de proteínas derivadas de la leche) en *Streptomyces mobaraense* (productora natural de transglutaminasa); no obstante, en escala industrial este proceso se encuentran en elevados costos, por lo que se toma como una alternativa más económica producirla en *Lactococcus lactis* (fermentadora de lactosa), lo cual disminuye costos en la producción de la enzima para uso industrial (Kaufmann-Viera, 2018).

7. 3. Incluyendo al sector salud

Una característica descubierta en algunos microorganismos es su capacidad para intercambiar secciones de su secuencia de ADN; a estos fragmentos de ADN dinámicos se les denomina *transposones* (Tn) que son los responsables de la rápida respuesta de los microorganismos hacia los antibióticos (Bustos *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2019). El hecho de que los Tn se sitúen en un plásmido contribuye a que la resistencia a los antibióticos se transfiera entre bacterias distintas (Bustos *et al.*, 2017).

Por lo anterior, se ha utilizado la ingeniería genética para aislar y expresar distintos genes con el propósito de obtener proteínas útiles; incluso, se pueden preparar grandes cantidades de un inmunógeno puro destinado a una vacuna sin necesidad de emplear a los microorganismos patógenos (Borja *et al.*, 2014). Un ejemplo es el desarrollo de una vacuna contra el virus de la hepatitis B (Murray *et al.*, 2017). La biotecnología ha permitido emplear y aprovechar las características fisiológicas y de estructura de muchos microorganismos y virus. Cada año se generan avances en todas las áreas de la ciencia, de la industria, del sector salud y demás áreas de interés humano y ambiental.

CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA

Tratar de observar a todos los seres vivos que están a nuestro alrededor sólo con nuestros ojos es imposible, ya que es muy difícil percibir toda la compañía de seres vivos que hay en nuestro entorno. Los microorganismos y virus estarán presentes para toda la vida, en todos los sentidos de la frase, con sus propias características y su modo de vida. Por decirlo de una forma directa: todos los microorganismos serán los números 1, 1, 1, y ¿por qué sólo los número 1? Bien, al interpretarla toma sentido, el primer 1 indica que los microorganismos luego de cero comenzaron la vida; el segundo 1, los microorganismos continúan “con uno” es decir, en los seres vivos a lo largo del tiempo, y el tercer 1 muestra una visión a futuro. Se espera que, así como comenzaron la vida, serán ellos los últimos en gozarla. Lo anterior por las ventajas que poseen al encontrarse en una mayor variedad de hábitats.

Cuando pase la pandemia nuestra especie tendrá un conocimiento más amplio de los microseres con los que se convive y le será más fácil continuar y entender las interacciones que continuamente habrá con los microorganismos y también con los virus. La humanidad seguirá con su vida y estos diminutos seres seguirán en su cotidianidad.

REFERENCIAS

- Aguilar-Bultet, L. y Falquet, L. (2015). Secuenciación y ensamblaje *de novo* de genomas bacterianos: una alternativa para el estudio de nuevos patógenos. *Revista de Salud Animal*, 37(2), 125-132.
- Aguirre-Hidalgo, V., Hernández-Meneses, R. y López-López, J. L. (2014). De lo más chico a lo más grande: del microscopio al telescopio. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 52, 31-34.
- Álvarez-Martínez, O. (2016). El origen de la vida. La teoría celular y la organización de los seres vivos. *Publicaciones Didácticas*, 72(1), 157-161.
- Álvarez, A. R. (2017). Los protozoos: características generales y su rol como agentes patógenos. *Ciencia Veterinaria*, 8(1), 62-71.
- Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers, B. E. (2003). *Biología: La vida en la Tierra con fisiología*. México: Pearson.
- Baca, B., Soto, U., L. y Pardo, R., M. (2000). Fijación biológica de nitrógeno. *Elementos: Ciencia y cultura*, 7(38), 43-49.
- Beltrán-Pineda, M. E. (2014). Phosphate solubilization as a microbial strategy for promoting plant growth. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 101-113.
- Beltrán-Pineda, M. E., Rocha-Gil, Z. E., Bernal-Figueroa, A. A. y Pita-Morales, L. A. (2017). Microorganismos funcionales en suelos con y sin revegetalización en el municipio de Villa de Leyva, Boyacá. *Colombia forestal*, 20(2), 158-170.
- Bennett, P. M. (2008). Plasmid encoded antibiotic resistance: Acquisition and transfer of antibiotic resistance genes in bacteria. *British Journal of Pharmacology*, 153(1), 347-357.
- Berg, I. A., Kockelkorn, D., Ramos-Vera, W. H., Say, R. F., Zarzycki, J., Hügler, M., Alber, B. E., & Fuchs, G. (2010). Autotrophic carbon fixation in archaea. *Nature Reviews Microbiology*, 8, 447-460. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2365>
- Bolívar, Z. F. (2004). *Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna*. México: El Colegio Nacional.
- Bonilla-Rosso, G., Souza, V. y Eguiarte, L. E. (2008). Metagenómica, genómica y ecología molecular: la nueva ecología en el bicentenario de Darwin. *TIP Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 11(1), 41-51.
- Borja, G. M., Ramírez, O. T. y Lara, A. R. (2014). Vacunas de ADN plasmídico: una herramienta terapéutica emergente. *Bio Tecnología*, 17(3), 87-109.
- Brooks, G. F., Carroll, K. C., Butel, J. S., Morse, S. A. y Mietzner, T. A. (2014). *Microbiología médica de Jawetz, Melnick & Adelberg*. McGraw Hill Education.
- Bustos, Y. A. C., Rubio, V. V., & Navarro, M. M. C. (2017). Perspectiva histórica del origen evolutivo de la resistencia a antibióticos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(2), 105-117. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n2.69501>
- Castro-Jalca, J. E., Mera-Villamar, L. y Schettini-Álava, M. (2020). Epidemiología de las enteroparasitosis en escolares de Manabí, Ecuador. *Kasmera*, 48(1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3872171>
- Chen, Y., Liu, Q., & Guo, D. (2020). Emerging coronaviruses: Genome structure, replication, and pathogenesis. *Journal of Medical Virology*, 92(4), 418-423. <https://doi.org/10.1002/jmv.25681>
- Corrales, L. C., Antolinez-Romero, D. M., Bohórquez-Macías, J. A., & Corredor-Vargas, A. M. (2015). Anaerobic bacteria: Processes they perform and their contribution to life sustainability on the planet. *Nova*, 13(24), 55-81.
- Corrales-Ramírez, L. C., Arévalo-Gálvez, Z. Y. y Moreno-Burbano, V. E. (2018). Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. *Nova*, 12(21), 68-79. <https://doi.org/10.22490/24629448.997>

- Cruz-Narváez, Y., Rico-Arzate, E., Castro-Arellano, J. J., Noriega-Altamirano, G., Piña-Escobedo, A., Murugesan, S., & García-Mena, J. (2019). Obtaining microorganisms in cloud forest soils for the degradation of aromatic hydrocarbons. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 25(1), 95-106. <http://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.06.055>
- Cycón, M., Wójcik, M., & Piotrowska-Seget, Z. (2009). Biodegradation of the organophosphorus insecticide diazinon by *Serratia* sp. and *Pseudomonas* sp. and their use in bioremediation of contaminated soil. *Chemosphere*, 76(4), 494-501. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.03.023>
- Czapar, A. E., & Steinmetz, N. F. (2017). Plant viruses and bacteriophages for drug delivery in medicine and biotechnology. *Current Opinion in Chemical Biology*, 38, 108-116. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2017.03.013>
- Flórez, S. N., Gómez, M. L., & Martínez, M. M. (2008). Selección de bacterias con capacidad degradadora de hidrocarburos aislados a partir de sedimentos del caribe colombiano. *Boletín de investigaciones marinas y costeras*, 37(1), 61-75.
- Galindo-Flores, G., Castillo-Guevara, C., Campos-López, A. y Lara, C. (2015). Caracterización de las ectomicorrizas formadas por *Laccaria trichodermophora* y *Suillus tomentosus* en *Pinus montezumae*. *Botanical Sciences*, 93(4), 855-863.
- Gómez-Acata, E. S., Valencia-Becerril, I., Valenzuela-Encinas, C., Velásquez-Rodríguez, A. S., Navarro-Noya, Y. E., Montoya-Ciriaco, N., Suárez-Arriaga, M. C., Rojas-Valdez, A., Reyes-Reyes, B. G., Luna-Guido, M., & Dendooven, L. (2016). Deforestation and cultivation with maize (*Zea mays* L.) has a profound effect on the bacterial community structure in soil. *Land Degradation & Development*, 27(4), 1122-1130. <https://doi.org/10.1002/ldr.2328>
- Gupta, S. K., & Gupta, M. (2018). Diseases of vegetables under protected cultivation conditions. *Plant Disease Research*, 33(1), 1-14.
- Guzmán, M. (2015). El bacteriófago, cien años de hallazgos trascendentales. *Biomédica*, 35(2), 159-161.
- Hernández, G., Álvarez, N., & Ríos, L. (2017). Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas: revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 139-159.
- Javaux, E. J., & Lepot, K. (2018). The Paleoproterozoic fossil record: implications for the evolution of the biosphere during Earth's middle-age. *Earth-Science Reviews*, 176, 68-86.
- Kaufmann-Viera, V. B. (2018). Puesta a punto de la expresión heteróloga de la enzima transglutaminasa microbiana de grado alimenticio en *Lactococcus lactis*. Universidad ORT Uruguay. Disponible en <https://dspace.ort.edu.uy/handle/20.500.11968/3914>
- Li, Y. H., Ren, Y. K., Zhao, X. H., & Liu, J. (2020). Research Progress on Chloroplast Genome of Major Gramineous Crops. *Biotechnology Bulletin*, 36(11), 112.
- Logacheva, M. D., Schelkunov, M. I., Fesenko, A. N., Kasianov, A. S., & Penin, A. A. (2020). Mitochondrial genome of *Fagopyrum esculentum* and the genetic diversity of extranuclear genomes in buckwheat. *Plants*, 9(5), 618. <https://doi.org/10.3390/plants9050618>
- López-Goñi, I. (2020). Microbioma humano: un universo en nuestro interior. *Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular*. Disponible en <https://www.sebbm.es/revista/articulo.php?id=500&url=microbioma-humano-un-universo-en-nuestro-interior>
- Madigan, M., Martinko, J., Bender, K., Buckley, D. y Stahl, D. (2015). *Brock. Biología de los microorganismos*. Madrid: Pearson.
- Morag, N., Williford, K. H., Kitajima, K., Philippot, P., Van Kranendonk, M. J., Lepot, K., & Valley, J. W. (2016). Microstructure-specific carbon isotopic signatures of organic matter from ~3.5 Ga cherts of the Pilbara Craton support a biologic origin. *Precambrian Research*, 275, 429-449.

- Murray, P. R., Rosenthal, K. S. y Pfaller, M. A. (2017). *Microbiología médica*. España: Elsevier Health Sciences.
- Oren, A. (2014). Taxonomy of halophilic Archaea: current status and future challenges. *Extremophiles*, 18(5), 825-834. <https://doi.org/10.1007/s00792-014-0654-9>
- Ozubek, S., Ipek, D. N. S., & Aktas, M. (2018). A molecular survey of rickettsias in shelter dogs and distribution of *Rhipicephalus sanguineus* (Acari: Ixodidae) sensu lato in Southeast Turkey. *Journal of medical entomology*, 55(2), 459-463. <https://doi.org/10.1093/jme/tjx213>
- Pérez, C., Peluffo, G., Giachetto, G., Menchaca, A., Pérez, W., Machado, K., Cristoforone, N., Alamilla, M., Acosta, V. (...) y Varela, A. (2020). Prevención de infecciones intrahospitalarias. Agentes de infecciones respiratorias. *Archivos de Pediatría del Uruguay*, 91, 57-59. <http://dx.doi.org/10.31134/ap.91.s1.10>
- Puebla, S. T. R., Orrillo, E. O., Rogel, M. A., Guerrero, M. G. L., López, A. L., Martínez, J., & Romero, E. M. (2019). La diversidad de los rizobios nativos de México a la luz de la genómica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90(2), 26. <http://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2681>
- Rajendhran, J., & Gunasekaran, P. (2011). Microbial phylogeny and diversity: Small subunit ribosomal RNA sequence analysis and beyond. *Microbiological research*, 166(2), 99-110. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2010.02.003>
- Ricoy, C., Boulé, N., Amaíz, L., Torcuatti, E., Medina, L., Valbuena, O., & Fernández, Z. (2012). Transferencia de la capacidad degradadora de combustible diésel a *Escherichia coli* DH5 α por plásmidos de bacterias aisladas de suelos contaminados con petróleo. *Interciencia*, 37(9), 671-677.
- Rubio-Bijar, E. M. (2019). *El núcleo: composición molecular, estructura y fisiología*. División nuclear (tesis de licenciatura). Lima: Facultad de Ciencias.
- Rubio Ortiz, M., Noris Sarabia, G., Martínez Calvillo, S. y Manning Cela, R. G. (2017). Biología molecular de protozoarios parásitos. *Ciencia: Academia Mexicana de Ciencias*, 68(1), 10-13.
- Sainsbury, F., Cañizares, M. C., & Lomonossoff, G. P. (2010). Cowpea mosaic virus: The plant virus-based biotechnology workhorse. *Annual review of phytopathology*, 48, 437-455. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-073009-114242>
- Salgado-Bernal, I., Durán-Domínguez, C., Cruz-Arias, M., Carballo-Valdés, M. E. y Martínez-Sardiñas, A. (2012). Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 17-26.
- Santos, T., Pereira, P., Queiroz, J. A., Cruz, C., & Sousa, F. (2019). Plasmid production and purification: An integrated experiment-based biochemistry and biotechnology laboratory course. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(6), 638-643. <https://doi.org/10.1002/bmb.21290>
- Sanz-Martínez, V. F. (2019). *Diseño de un fotobiorreactor para la obtención de compuestos bioluminiscentes* (master's thesis). Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en <http://hdl.handle.net/2117/167711>.
- Shrestha, N., Chilkoor, G., Vemuri, B., Rathinam, N., Sani, R. K., & Gadhamshetty, V. (2018). Extremophiles for microbial-electrochemistry applications: a critical review. *Bioresource Technology*, 255, 318-330.
- Skácelová, K., Barták, M., Coufalík, P., Nývlt, D., & Trnková, K. (2013). Biodiversity of freshwater algae and cyanobacteria on deglaciated northern part of James Ross Island, Antarctica. A preliminary study. *Czech Polar Reports*, 3(2), 93-106.
- Soria, I. M. (2004). Los microorganismos halófilos y su potencial aplicado en biotecnología. *Ciencia e Investigación*, 7(2), 13-17.
- Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, N. A. y Guevara-Rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1), 20-28.

- Tebbani, S., Lopes, F., Filali, R., Dumur, D., & Pareau, D. (2020). *Biofijación de CO₂ por microalgas*. UK: ISTE Group.
- Trejo, D., Ferrera-Cerrato, R., García, R., Varela, L., Lara, L. y Alarcón, A. (2011). Efectividad de siete consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(1), 23-31.
- Urrea, D., Zambrano, K., Vargas, A., Moreno, S. y Sierra G., J. V. (2018). La interacción del microbioma humano y su sistema gastrointestinal. *Biociencias*, 1(2), 65-68. Disponible en <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/Biociencias/article/view/2235>
- Verhamme, D. T., Prosser, J. I., & Nicol, G. W. (2011). Ammonia concentration determines differential growth of ammonia-oxidising archaea and bacteria in soil microcosms. *The ISME journal*, 5(6), 1067-1071. <https://doi.org/10.1038/ismej.2010.191>
- Wang, L., Wang, M., Shi, X., Yang, J., Qian, C., Liu, Q., & Zhang, X. (2020). Investigation into archaeal extremophilic lifestyles through comparative proteogenomic analysis. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 1-13.
- Zimorski, V., Mentel, M., Tielens, A. G., & Martin, W. F. (2019). Energy metabolism in anaerobic eukaryotes and Earth's late oxygenation. *Free Radical Biology and Medicine*, 140, 279-294.

CC BY-NC-ND