

Karol Rodríguez Peña

# El hábitat de los microbios

Los microbios se encuentran en todas partes: están en nuestro cuerpo, en las plantas, en los alimentos y hasta en los lugares más inhóspitos. Debido a sus características, muchos microorganismos resultan benéficos para el ser humano, pero también otros pueden provocarle enfermedades.

Los microorganismos pueden habitar en lugares extremadamente diversos. Pueden estar en cualquier lugar que sea adecuado para el crecimiento y desarrollo de los organismos superiores, incluso viven dentro de ellos; pero también se les ha encontrado en lugares donde las condiciones físicas o químicas no son aptas para aquellos organismos y, en cambio, resultan idóneas para algunos microbios.

Estos minúsculos seres cumplen un papel clave para mantener la vida en la Tierra: fijan gases atmosféricos, es decir, los reducen para incorporarlos a la biosfera, y también descomponen la materia de plantas y animales muertos para obtener sustancias más simples, que es justo donde empieza la cadena alimenticia. Asimismo, se les ha estudiado ampliamente en la búsqueda de actividades benéficas para el ser humano, como la producción de medicinas, alimentos y enzimas que se utilizan en diversas industrias. También se les ha encontrado utilidad para procesos de tratamiento de aguas y de desperdicios, incluso tóxicos, así como en procesos de biorremediación de suelos, donde los microorganismos o las enzimas que éstos producen ayudan a modificar el medio alterado o contaminado a su estado natural.

Sin embargo, la presencia de estos organismos no sólo es benéfica para el ser humano; existe una gran variedad de microbios dañinos que provocan diversas enfermedades.

## Microbios en nuestro cuerpo

En general, al conjunto formado por los microorganismos, sus genes y metabolitos se le denomina *microbioma*. Entonces, el microbioma humano se refiere a la población total de microorganismos, con sus genes y metabolitos, que colonizan el cuerpo humano: se encuentran en el tracto gastrointestinal, el genitourinario, la cavidad oral, la nasofaringe, el tracto respiratorio y la piel.





De la gran cantidad de microbios que existen, sólo algunos pueden invadir nuestro cuerpo (hospedero) y causar enfermedades, incluso de tipo crónicas no infecciosas, como algunos cánceres y enfermedades coronarias. A estos microorganismos se les denomina *patógenos* (véase el Cuadro 1). Para que éstos infecten al hospedero es necesario que entren al cuerpo: las principales vías son el tracto respiratorio (boca y nariz), el tracto gastrointestinal (cavidad oral), el tracto urogenital y el rompimiento de la superficie de la piel.

**En la piel y las manos**

Uno de los hábitats microbianos más grandes es la superficie de la piel. Debido a su arquitectura celular variable, compleja y en contacto constante con el entorno, la piel alberga una gran cantidad de estos microorganismos (hasta  $1 \times 10^7$  células/cm<sup>2</sup>), que pueden tener un efecto importante en la salud. Muchas de estas bacterias no son solamente transitorias o pasivas, sino que parecen estar adaptadas a ciertas zonas o a situaciones características, como puede ser la caída y renovación constante de piel, el uso frecuente de jabones y detergentes, la exposición a los rayos ultravioleta, la poca humedad disponible, entre otras. En diversos estudios sobre la composición de las comunidades bacterianas asociadas a la piel se ha encontrado que existe una alta variabilidad entre los distintos individuos (intervariabilidad) y dentro de los mismos (intravariabilidad), aunque aún no se sabe qué factores son los que participan.

En particular, las palmas de las manos constituyen un hábitat muy dinámico, pues se encuentran más expuestas al ambiente y tienen perturbaciones constantes, como el lavado frecuente o el contacto con diversas superficies. En el área de salud pública, ésta es una zona de especial cuidado, debido a que es un elemento importante en la transmisión de enfermedades.

Por ejemplo, en un estudio realizado en la Universidad de Colorado (Fierer y cols., 2008), 51 jóvenes de licenciatura contestaron una breve encuesta sobre cuánto tiempo había transcurrido desde su última limpieza de manos y cuál era su mano dominante; es decir, si eran diestros o zurdos. Después se

**Cuadro 1.** Enfermedades infecciosas producidas por microbios

Enfermedad infecciosa	Microbio que produce la enfermedad	Tipo de microbio
Resfriado	Rhinovirus	Virus
Varicela	Varicela-zóster	Virus
Rubeola	Rubivirus	Virus
Tosferina	<i>Bordetella pertussis</i>	Bacteria
Peste bubónica	<i>Yersinia pestis</i>	Bacteria
Tuberculosis	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Bacteria
Malaria	<i>Plasmodium falciparum</i>	Protozoario
Tiña	<i>Trichophyton rubrum</i>	Hongo
Pie de atleta	<i>Trichophyton mentagrophytes</i>	Hongo

obtuvieron muestras de las palmas de sus manos y mediante herramientas moleculares se analizaron las muestras para cuantificar e identificar a los microorganismos presentes. Los resultados arrojaron un promedio de más de 3 200 bacterias por cada una de las 102 palmas de las manos estudiadas, resultados que son comparables con los de la diversidad de microbios en otros hábitats del cuerpo, como el esófago, la boca y algunos sitios específicos en el intestino delgado. De las bacterias encontradas, 94% pertenecía a tres filos (Actinobacterias, Firmicutes y Proteobacterias); los géneros más abundantes fueron *Propionibacterium* (32.6%), *Streptococcus* (17.2%), *Staphylococcus* (8.3%), *Corynebacterium* (4.3%) y *Lactobacillus* (3.1%), los cuales estuvieron presentes en casi todas las muestras. En estudios anteriores de bacterias que habitan la piel ya se habían encontrado estos géneros, y se sabe que son los residentes más comunes en las manos. Con respecto a los géneros que se encontraron en menor proporción, se cree que algunos pueden ser transitorios o colonizadores de corto tiempo; otros son persistentes, pero están en pequeñas cantidades.

Asimismo, resultó que las bacterias de las palmas de las manos son más parecidas a las que están en la frente o en la parte interna del codo; esto sugiere que las comunidades bacterianas no son uniformes en todo el cuerpo humano, pero pueden ser similares en algunas zonas, como las que están cercanas o en contacto continuo. Con respecto a la preferencia de uso de la mano, se observó que ambas palmas

tienen una diversidad de bacterias similar, pero la composición de la comunidad de bacterias es significativamente diferente: 50% mayor en la mano dominante. Estas diferencias pueden deberse a las distintas condiciones ambientales y factores como la producción de sebo, salinidad, hidratación o el contacto constante con otras superficies.

Entre los hombres y mujeres participantes en el estudio se presentaron diferencias significativas en cuanto a las comunidades bacterianas: las palmas de las manos de las mujeres contenían una mayor diversidad que las de los hombres. Esto podría deberse a un menor pH en la piel del hombre, lo cual provoca un menor crecimiento bacteriano. Otras causas podrían ser las diferencias en la sudoración y el uso de cosméticos que ayuden a la proliferación de las bacterias; no obstante, estas hipótesis aún deben ser corroboradas.

Respecto al tiempo transcurrido desde el último lavado, se observaron mayores diferencias. Se encontró que las bacterias pertenecientes a los grupos Propionibacteria, Neisseriales, Burkholderiales y Pasteurelladeae fueron relativamente más abundantes mientras mayor fue el tiempo desde el último lavado; en tanto, las bacterias de las familias Staphylococcaceae, Streptococcaceae y Lactobacillaceae eran más abundantes cuando el tiempo desde el último lavado de manos fue más corto.

### *En el tracto digestivo*

Los microorganismos que habitan en el tracto digestivo –anteriormente denominados “flora intestinal” y ahora conocidos como “microbiota intestinal”– son necesarios para el crecimiento corporal, el desarrollo de la inmunidad y la nutrición. Pero sus alteraciones podrían explicar en algunos casos ciertas epidemias de la humanidad, como el asma y la obesidad.

En el útero, el humano carece de microbiota, pero después del nacimiento el tracto gastrointestinal se coloniza inmediatamente. Se ha demostrado que la vía de nacimiento (parto o cesárea) y el tipo de alimentación (leche materna o fórmula) producen diferencias en la microbiota intestinal; los perfiles fecales microbianos del lactante muestran un pare-

cido notable con los perfiles bacterianos del canal de parto y de la leche materna. Durante la infancia y a lo largo de la vida, la composición microbiana también cambia de acuerdo con la edad y la dieta. En los primeros dos años de vida, la microbiota está dominada por las bifidobacterias; en edad adulta, se diversifica y alcanza su máxima complejidad con cientos de filotipos, entre los cuales predominan Bacteroidetes y Firmicutes. Existen muchas especies nativas que colonizan permanentemente el tracto gastrointestinal, y otras sólo lo hacen de manera transitoria.

La microbiota intestinal es una de las comunidades más densamente pobladas, incluso más que las del suelo, el subsuelo y los océanos. Por ejemplo, en el intestino grueso de los mamíferos la cifra de microorganismos se eleva hasta  $1 \times 10^{14}$ . Muchos grupos de investigación y científicos de varios países trabajan activamente para identificar a todos los genes de la microbiota. El Proyecto del Microbioma Humano ha identificado aproximadamente un 30% de la microbiota intestinal, y junto con otros proyectos, como el de Metagenómica del Tracto Intestinal Humano en Europa, busca identificar y caracterizar a estos microorganismos.

A las alteraciones de la microbiota intestinal y la respuesta adversa del hospedero a estos cambios se les denomina *disbiosis*. La disbiosis se ha asociado con afecciones como el asma, las enfermedades inflamatorias crónicas, la obesidad y la esteatohepatitis no alcohólica. Uno de los retos más importantes en estos estudios resulta del hecho de que la mayor parte de la microbiota no es cultivable en condiciones normales de laboratorio, por lo que recientemente las herramientas moleculares han sido de gran ayuda. Un ejemplo es el de la microbiota que se encuentra en el colon, la cual presenta aproximadamente de 800 a 1 000 especies por individuo; sin embargo, 62% de ellas no se conocían y 80% de las bacterias identificadas por la metagenómica no pueden ser cultivadas en laboratorio.

Hemos pasado de considerar a la microbiota intestinal como un simple “comensal acompañante” a un “órgano metabólico”, con funciones muy importantes para la nutrición, la regulación de la



inmunidad y la inflamación sistémica. De hecho, los mamíferos que crecen libres de gérmenes tienen un desarrollo corporal anormal, con pared intestinal

atrófica, corazón, pulmones e hígado de bajo peso y un sistema inmune inmaduro con niveles bajos de inmunoglobulinas.

### ¿Cómo podemos observar a estos minúsculos organismos?

Los microbios son tan pequeños que sólo pueden ser observados a detalle a través de un microscopio. Este instrumento fue inventado por el fabricante de lentes Zacharias Jansen en 1590, pero no fue hasta mediados del siglo XVII que el entonces comerciante Anton van Leeuwenhoek lo utilizó para describir por primera vez protozoos, bacterias, espermatozoides y glóbulos rojos.

Con los avances tecnológicos de nuestra era, han aparecido diferentes tipos de microscopios con mecanismos más avanzados, con mayor grado de resolución, y cada uno de ellos con características que los hacen específicos para distintas líneas de investigación en el tema de microbios, así como también son útiles para muchas otras áreas del conocimiento.

En general, los microscopios ópticos son los más económicos y utilizados en los laboratorios escolares y algunos especializados. La capacidad de estos aparatos para magnificar el

tamaño de la muestra depende de la calidad y el aumento de cada uno de los lentes que lo componen. Con un microscopio óptico podemos observar los objetos con una amplificación de hasta 1 000 o 2 000 veces su tamaño real. En el Cuadro 2 se describen algunas características generales de los microscopios ópticos más comunes.

Por otra parte, los microscopios electrónicos son mucho más costosos y sólo se encuentran en algunos laboratorios y centros de investigación especializados. Las amplificaciones que éstos pueden lograr llegan desde 100 000 veces hasta un millón de veces el tamaño real de la muestra. Los máximos de amplificación que se puedan lograr dependerán del microscopio, sus especificaciones, así como del correcto tratamiento según el tipo de muestra observada. En el Cuadro 3 se describen algunas características generales de los microscopios electrónicos.

**Cuadro 2.** Tipos de microscopios ópticos, sus características y principales usos

Tipo	Características	Uso
Campo claro	La fuente de luz en el fondo hace contrastar la imagen de la muestra.	Se utiliza para observar diferentes microorganismos. En ocasiones se añade algún colorante para aumentar el contraste de las muestras que son transparentes o de alguna parte de la muestra que se desea diferenciar (tinción).
Estereoscópico	Cuenta con dos oculares que permiten tener la sensación de observar en tres dimensiones.	Se utiliza cuando se requiere observar a tres dimensiones y no se necesita mucho aumento.
Campo oscuro	Con ayuda de un condensador integrado, la luz difractada desde el espécimen se usa para formar la imagen. El espécimen aparece brillante contra un fondo oscuro.	Se utiliza para observar organismos transparentes sin tinción, por ejemplo, células vivas.
Contraste de fase	Es un microscopio de campo claro con objetivos, condensadores especiales y anillos de fases.	Se utiliza para distinguir organismos transparentes no teñidos, como células vivas, con base en el índice de refracción de sus diferentes componentes.
Fluorescente	Se utiliza una fuente de luz ultravioleta para los materiales fluorescentes de manera natural, o de manera artificial al agregarles tintura fluorescente.	Ideal para el estudio de estructuras y proteínas.

**Cuadro 3.** Tipos de microscopios electrónicos, sus características y principales usos

Tipo	Características	Uso
Microscopio electrónico de transmisión	Utiliza rayos de electrones dirigidos magnéticamente. Los electrones traspasan la muestra de acuerdo con la densidad de la misma y se proyectan sobre una placa de fósforo que es fluorescente cuando chocan los electrones.	Se pueden observar estructuras de los microorganismos; su uso se extiende a muchísimas áreas de investigación.
Microscopio electrónico de barrido	Se utiliza para visualizar la superficie de la muestra. Usualmente se seca la muestra para evitar cambios en la superficie y se mantiene protegida de la rehidratación. Luego la muestra es bañada en oro/paladio.	Permite observar texturas e imágenes en tercera dimensión, así como superficies.

Actinomiceto, tipo bacteria Gram+ aislada del interior de una planta medicinal mexicana, observada a través de diferentes microscopios y aumentos.



Vista de caja petri  
sin aumentos

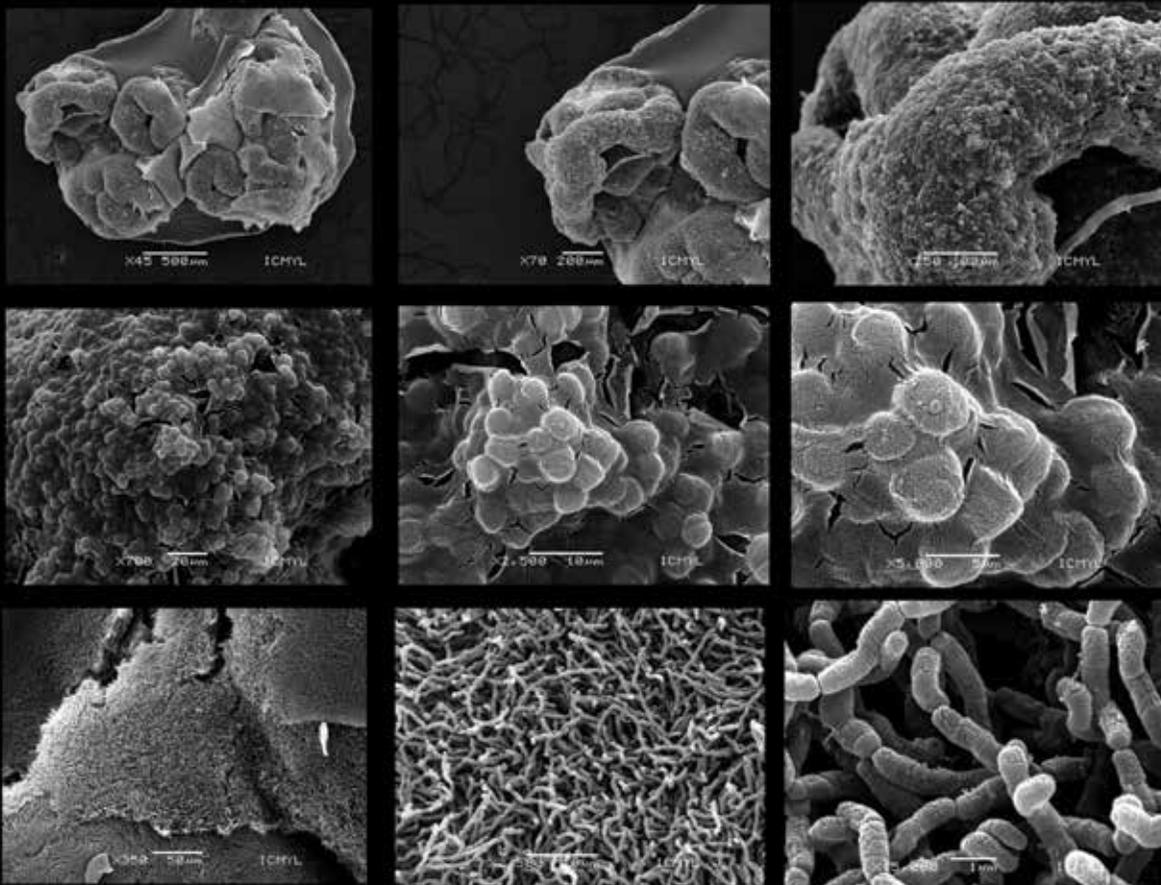


Microscopio estereoscópico  
×250



Microscopio óptico ×1000  
con tinción de Gram

Secuencia de micrografías obtenidas con el microscopio electrónico de barrido en aumentos secuenciales desde ×45 hasta ×15 000.



En las primeras imágenes se observa claramente la conformación de colonias de actinomicetos crecidas en caja petri, mientras que al aumentar los acercamientos se observa el micelio característico de estos actinomicetos.

**Figura 1.** Observación microscópica de una bacteria actinomiceto a través de diferentes equipos y aumentos.



### ■ **Microbios en la comida**

■ La comida no es la excepción cuando se trata de albergar microbios. Estos organismos pueden ser contaminantes, pero también otros son útiles para la preparación de algunos alimentos. Los denominados “fermentados” son aquellos alimentos que han estado sujetos a la acción de microorganismos o enzimas que provocan modificaciones significativas para obtener el producto terminado. Los ejemplos más comunes son el pan, el queso, el yogur y algunas bebidas, como la cerveza y el vino.

En particular, la tradición culinaria de nuestro país nos ofrece varios alimentos, sobre todo preparados artesanalmente, que requieren la presencia de una microbiota. La mayor parte de las veces su composición es desconocida, como en el caso del pozol, una bebida refrescante tradicional del sureste del país, hecha a base de maíz fermentado; o bien el muy conocido pulque, bebida fermentada del mucílago o aguamiel del maguey.

Por otro lado, existen microbios que pueden dañar los alimentos que consumimos. En el último reporte de la Organización Mundial de la Salud, emitido en noviembre de 2014, se indica que los alimentos contaminados con bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas nocivas causan más de 200 enfermedades: desde malestar estomacal, cólicos abdominales, náuseas, vómitos, diarrea, fiebre o deshidratación, hasta algunos tipos de cáncer. También se estimó que cada año en el mundo se enferman 600 millones de personas (casi 1 de cada 10 habitantes) por ingerir alimentos contaminados, y que 420 000 mueren por esta misma causa.

*Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* enterohemorrágica, *Listeria* y *Vibrio cholerae* son algunas de las bacterias patógenas más comunes en los alimentos y que afectan a millones de personas al año. En algunos casos, las enfermedades que provocan resultan ser fatales si no son atendidas adecuadamente. El huevo, las aves de corral y otros productos de origen animal pueden ser los causantes de brotes de salmonelosis. A *Campylobacter* la podemos encontrar comúnmente en la leche bronca, aves de corral y algunas bebidas. Por su parte, *Escherichia coli* enterohemorrágica está asociada con la leche no pasteurizada, carne no cocinada o frutas y vegetales frescos. *Listeria* se encuentra principalmente en productos lácteos no pasteurizados y en comida lista para comer (puede soportar temperaturas de refrigeración); aunque su mortalidad es baja, esta bacteria puede causar abortos o muerte en recién nacidos, y es más común en niños. En tanto que *Vibrio cholerae*, bacteria causante del cólera, se distribuye principalmente en vegetales, arroz, alimentos del mar y agua contaminada; los síntomas van desde dolores abdominales y vómitos hasta diarreas severas que pueden causar una fuerte deshidratación y, en algunos casos, la muerte.

### ¿Has escuchado de los alimentos probióticos?

Los probióticos, “a favor de la vida”, son productos que contienen microorganismos vivos y que proporcionan un beneficio para la salud bien definido, principalmente al fortalecer la microbiota intestinal. Aunque se han validado con investigaciones científicas, en muchos casos estos alimentos son utilizados en condiciones en las que los beneficios que deberían aportar no pueden ser alcanzados. Por ello es importante revisar la información proporcionada en estos productos, para asegurar su buen funcionamiento.



### ■ **Microbios en las plantas**

■ Los microbios interactúan con las plantas debido a que éstas ofrecen una gran diversidad de hábitats. En la filosfera (parte aérea de las plantas), la rizosfera (las raíces) y la endosfera (parte interna) habitan

microorganismos epífitos, rizófitos y endófitos, respectivamente.

Sus interacciones pueden ser perjudiciales o benéficas tanto para el mismo microorganismo como para la planta. Uno de los ejemplos más conocidos es la asociación de las bacterias Gramnegativas del género *Rhizobium* con las raíces de algunas plantas, por ejemplo, las leguminosas. Estas bacterias fijan el nitrógeno y viven en simbiosis con su planta hospedera.

### ■ Microbios en lugares inhóspitos

■ Como hemos visto, los microbios son capaces de vivir en una gran diversidad de lugares, pero ¿hay un límite? Parece que no. Estos minúsculos organismos se han encontrado en lugares que nunca hubiéramos imaginado.

En 2010, Charles Q. Choi, reconocido escritor de la revista *Nature*, hizo una pequeña semblanza de esos lugares extraordinarios donde los microbios se han hecho presentes. Por ejemplo, se les ha encontrado en el lago Pitch, o lago de asfalto, localizado en la isla caribeña de Trinidad, donde los microbios pueden subsistir sin oxígeno, casi sin agua y en un ambiente tóxico. Otro ejemplo es la bacteria *Deinococcus radiodurans*, capaz de sobrevivir a cargas de radiación extremadamente altas; 10 grays (unidad de medida para la dosis absorbida de radiaciones ionizantes) son suficientes para matar a un humano, pero esta bacteria puede soportar hasta 15 000 grays.

Otros hábitats inhóspitos son los géiseres del fondo de los océanos, los valles secos de la Antártida, el Mar Muerto –con su ya conocida alta salinidad– o el barro hipersalado en el fondo del Mar Mediterráneo (incluso si ese sedimento se carga con niveles tóxicos de sustancias químicas llamadas sulfuros). También se han encontrado microbios por debajo de la superficie de la Tierra en las minas de oro y platino en Sudáfrica, así como a una milla por debajo del lecho marino, donde viven a veces con la ayuda del uranio.

A todos estos microorganismos que han encontrado la manera de sobrevivir en condiciones extremas a nuestros ojos se les denomina *extremófilos*. La mayor parte la constituyen bacterias del dominio de las ar-

queobacterias, aunque también hay muchas eubacterias y unas pocas especies de eucariontes que viven en condiciones extremas. Para resistir a estas duras condiciones son capaces de producir diversos compuestos y enzimas que les permiten adaptarse a sus hábitats, mismos que han resultado de gran interés en la búsqueda de nuevas moléculas para diferentes usos industriales.

Las imágenes de MEB fueron tomadas en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología con la colaboración de Yolanda Hornelas Orozco.

Parte de este trabajo fue apoyado por el Programa de Investigación NUATEI, del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM.

La autora agradece el apoyo de la beca doctoral de Conacyt 161183.

### Karol Rodríguez Peña

Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

karol\_rodriguez@iibiomedicas.unam.mx

### Lecturas recomendadas

Fierer, N., M. Hamady, C. L. Lauber y R. Knight (2008), “The influence of sex, handedness, and washing on the diversity of hand surface bacteria”, *PNAS*, 105 (46):17994-17999.

Icaza-Chávez, M. E. (2013), “Microbiota intestinal en la salud y la enfermedad”, *Revista de Gastroenterología de México*, 78(4):240-248.

Montesinos, E. (2003), “Plant-associated microorganisms: a view from the scope of microbiology”, *International Microbiology*, 6:221-223.

Organización Mundial de la Salud (2015), “Inocuidad de los alimentos”, nota descriptiva núm. 399. Disponible en: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/es>>. Consultado el 30 de enero de 2017.

Society for General Microbiology, “About microbiology”, *Microbiology Online*. Disponible en: <<http://www.microbiologyonline.org.uk>>. Consultado el 4 de septiembre de 2015.