

**Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez**

## **Patógenos en nuestros sistemas de agua**

*Abuela: ese buen hombre, Joe, está instalando nuestro nuevo jacuzzi. ¿Qué es un pulmón de jacuzzi?*



Foto de Getty Images, <https://people.com/health/4-people-now-dead-from-legionnaires-outbreak-linked-to-hot-tub-display-at-a-state-fair/>

**Nicholas J. Ashbolt**

Faculty of Science and Engineering, Southern Cross University, Gold Coast, QLD, Australia

# Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

## Patógenos en nuestros sistemas de agua

### Sinopsis

El acceso a agua segura para su uso en edificios se da por supuesto si la calidad del agua potable cumple las directrices/reglamentos vigentes. Sin embargo, las piscinas y las bañeras de hidromasaje (también conocidas como jacuzzis o spas, en los que se introduce aire a presión en la bañera creando un gran número de burbujas que estallan en la superficie, liberando pequeñas partículas de agua y microorganismos en forma de aerosoles), así como los sistemas de calefacción-refrigeración y de agua caliente de los edificios, pueden proporcionar un entorno propicio para la proliferación de organismos patógenos. Los patógenos transmitidos por el agua suelen proceder de excrementos humanos o animales (denominados patógenos entéricos, procedentes de la caca y el pis, que suelen morir rápidamente en el medio ambiente), o de patógenos de origen acuático (también conocidos como saprozoos) que crecen de forma natural en el medio ambiente o en los sistemas de agua. Cuando el agua de la fuente está caliente (es decir, a más de 25 °C), los patógenos saprozoicos, incluidas las amebas de vida libre (como *Naegleria fowleri*) y las bacterias (como *Legionella pneumophila*), proliferan en asociación con biopelículas en las superficies naturales del medio ambiente, así como en las superficies de los sistemas de agua diseñados. En los países de renta alta, esto puede dar lugar a más enfermedades transmitidas por el agua (principalmente infecciones pulmonares y cutáneas) que los tradicionales patógenos gastrointestinales transmitidos por el agua.

### La Microbiología y el Contexto Social

*La microbiología:* biopelículas, desinfectantes, aerosoles, infecciones, patógenos oportunistas, depredación, huéspedes alternativos, microbiología del entorno construido. Cuestiones de sostenibilidad: salud y bienestar.



# Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

## Patógenos en nuestros sistemas de agua: la Microbiología

**1. Mucosidad en las tuberías y patógenos asociados.** En las zonas urbanas, el agua de manantial tratada se suministra generalmente a través de tuberías (tradicionalmente de hierro, pero cada vez más para las tuberías de distribución más pequeñas en las calles y dentro de los edificios, también en diversas formas de tuberías de plástico). Siempre que una superficie se mantiene húmeda, las bacterias que existen de forma natural se adhieren, generan mucosidades y forman lo que llamamos biopelículas con materia orgánica (productos microbianos) e inorgánica (sedimentos finos y productos de corrosión) retenida en las capas de mucosidad.

Las bacterias de estas comunidades de biopelículas son devoradas por protozoos un poco más grandes que viven en libertad (amebas unicelulares o ciliados, véase la figura), en lo que ha sido una “carrera armamentística” entre depredadores y presas durante millones de años. Como resultado de esta “carrera armamentística”, tanto depredadores como presas han evolucionado para sobrevivir. Por ejemplo, los depredadores han desarrollado mecanismos para seleccionar las presas que pueden digerir (de ahí que reconozcan y no coman bacterias que pueden ser dañinas), mientras que algunas presas bacterianas han adquirido genes que les permiten persistir, sin ser digeridas, dentro de su depredador (entonces llamado célula huésped). Algunas relaciones bacteria-hospedador han evolucionado para ser mutuamente beneficiosas (es decir, simbióticas) y, en otros casos, esenciales para ambas partes. Sin embargo, algunas presas bacterianas han desarrollado rasgos que les permiten “burlar” a su depredador, haciendo que la bacteria crezca dentro del huésped en lugar de ser digerida, lo que a menudo provoca la muerte de su huésped, es decir, se convierten en patógenos saprozoos de protozoos de vida libre.

A medida que los humanos evolucionamos y desarrollamos sistemas inmunitarios, la gran mayoría de las bacterias asociadas a nuestras superficies húmedas coevolucionaron para ser beneficiosas. Sin embargo, algunas de nuestras células inmunitarias, como los fagocitos que mantienen nuestros pulmones relativamente libres de bacterias inhaladas, son esencialmente iguales a las amebas. Por lo tanto, los patógenos bacterianos que han evolucionado para crecer dentro de las amebas, a menudo también pueden crecer dentro de nuestros fagocitos pulmonares cuando no estamos en un estado muy saludable. Estos patógenos se denominan patógenos oportunistas. Ejemplos de ello son el crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* en los pulmones de personas genéticamente vulnerables a la fibrosis quística, el crecimiento de *Legionella pneumophila* que provoca la formación de líquido en los pulmones que, a su vez, causa una neumonía, conocida como legionelosis, que suele observarse en personas mayores, y las infecciones pulmonares por micobacterias, sobre todo entre individuos que han sido fumadores empedernidos (Tabla).

Tanto *P. aeruginosa* como *L. pneumophila*, junto con una serie de micobacterias, crecen de forma natural en hábitats de biopelículas de agua templada, como los de los balnearios o el agua caliente canalizada cerca de los puntos de uso (como en las salidas de las duchas o los grifos), donde la temperatura del agua suele ser cercana a la temperatura corporal y selectiva (25-40 °C) para el crecimiento de estos patógenos saprozoos en amebas de biopelículas.

## Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

**Tabla: Diferentes enfermedades que pueden contraerse en piscinas, bañeras de hidromasaje/jacuzzis/agua corriente** (adaptado de Ashbolt 2015, Pathogens 4: 390-405)

Agente	Enfermedad	Nicho problemático
<b>Bacteria</b>		
<i>Acinetobacter baumannii</i> *	Infecciones respiratorias nosocomiales** y otras infecciones (a través de biopelículas) por agua potable, tubos respiratorios y catéteres urinarios, cepas resistentes a los antimicrobianos.	Vida libre en las biopelículas del agua sanitaria
<i>Aeromonas hydrophila</i> *	La mayoría de las cepas no parecen ser preocupantes para la salud (incluidos los miembros entéricos), pero algunos colonizadores de biopelículas pueden causar infecciones de heridas.	Omnipresente en medios acuáticos, coloniza sistemas acuáticos artificiales
Varios <i>Chlamydiales</i>	Neumonía adquirida en la comunidad (NAC). Abortos en humanos (y bovinos)	Bacterias obligadas resistentes a las amebas de las biopelículas ambientales
<i>Legionella anisa</i> , <i>L. longbeacheae</i> <i>L. micdadei</i> <i>L. pneumophila</i>	“Pulmón de jacuzzi” o legionelosis (desde la fiebre de Pontiac leve hasta la legionelosis grave), neumonía adquirida en la comunidad.	De vida libre en las biopelículas, pero patógenos importantes en las amebas y otros protozoos de las biopelículas
Microbacterias no tuberculosas (MNT) incluidas: <i>Mycobacterium abscessus</i> , Complejo <i>M. avium</i> (MAC) <i>chelonae</i> , complejo <i>M. Kansasii</i> y <i>M. ulcerans</i>	Neumonía adquirida en la comunidad (NAC) Linfadenopatía, infección de piel y tejidos blandos	De vida libre dentro de biopelículas, algunos parecen facultativos dentro de amebas de biopelículas y otros protozoos de vida libre.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Foliculitis y otitis externa por piscinas/balnearios y diversas infecciones nosocomiales por biopelículas de fontanería	Omnipresente en medios acuáticos, coloniza sistemas acuáticos artificiales
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	Infecciones respiratorias nosocomiales y otras infecciones (a través de biopelículas) en el agua potable, tubos respiratorios y <u>catéteres urinarios, cepas resistentes a los antimicrobianos.</u>	Omnipresente en medios acuáticos, coloniza sistemas acuáticos artificiales
<b>Protozoa</b>		
<i>Acanthamoeba</i> spp.	Encefalitis amebiana granulomatosa, queratitis (de los ojos), infecciones pulmonares y	Muchas cepas parecen crecer sólo saprofiticamente, ubicuas en biopelículas acuáticas

## Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

	cutáneas	
<i>Balamuthia mandrillaris</i>	Encefalitis amebiana granulomatosa, infecciones pulmonares y cutáneas	Relativamente rara, pero presente en las aguas de origen y tratadas de las regiones templadas
<i>Naegleria fowleri</i>	Meningoencefalitis amebiana primaria	Relativamente raro pero presente en aguas de origen y tratadas a más de 28 °C si el desinfectante residual es inadecuado
<i>Vermamoeba vermiformis</i> ( <i>Hartmannella</i> spp.) <i>Vahlkampfia</i> spp.	Queratitis (de los ojos)	Muchas cepas parecen crecer sólo saprofiticamente, ubicuas en biopelículas acuáticas
<b>Viruses</b>		
<i>Mimivirus</i> (Shan virus) <i>Mamavirus</i>	Se sospecha que causa síntomas leves similares a la neumonía	En varias amebas de biopelícula, descrita por primera vez en <i>Acanthamoeba polyphaga</i>

\* Saprozoos facultativos (lo que significa que pueden crecer en biopelículas ambientales o dentro del tracto gastrointestinal)

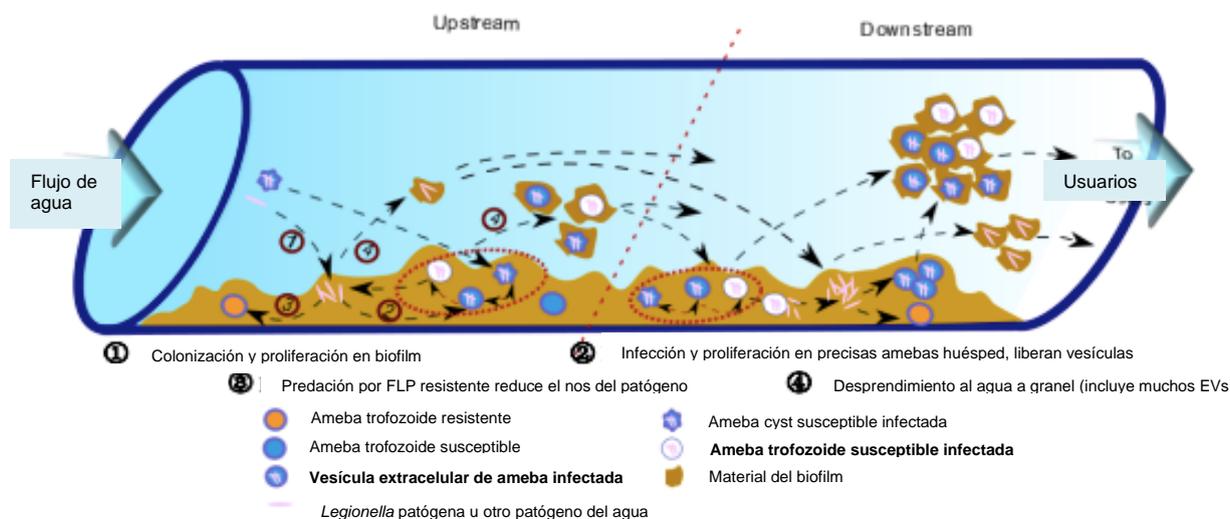
\*\* nosocomial (infección adquirida en el hospital)

### 2. Minimizar las biopelículas - minimizar los patógenos en las aguas canalizadas.

Las biopelículas son casi imposibles de eliminar, en el mejor de los casos, podemos minimizarlas y reducir los problemas que conllevan. Incluso el sistema de tuberías de agua del transbordador espacial (como ocurrirá en las futuras expediciones a la Luna y Marte) desarrolló *P. aeruginosa* y otras posibles biopelículas bacterianas oportunistas, a pesar de que las tuberías de agua de la nave espacial se esterilizaban con vapor entre cada misión. Por lo tanto, para controlar los patógenos saprozoicos, al igual que los patógenos entéricos, hay que centrarse en un buen diseño y gestión del sistema.

Las características clave que favorecen el crecimiento de patógenos en las biopelículas giran en torno a las concentraciones de desinfectantes y los materiales de las tuberías, el estancamiento del agua y las condiciones cálidas. Las concentraciones de desinfectantes, como el cloro que se añade al agua potable para controlar la proliferación microbiana, disminuyen por reacción con la materia de la biopelícula (materia orgánica y fragmentos de corrosión de tuberías incrustados) y las condiciones de agua caliente. De ahí que el crecimiento problemático de biopelículas aumente cerca de los puntos de uso del agua, como en las instalaciones finales (mezcladores de agua caliente/fría y salidas de grifo/ducha). En los edificios, el uso del agua es intermitente, por lo que las tuberías de agua caliente y fría tienen periodos de flujo y de no flujo o flujo bajo, que pueden prolongarse durante varias semanas en edificios de hoteles o apartamentos. Esto se suma a las regiones de estancamiento en puntos de conexión de repuesto “sin salida” en las tuberías, creados para permitir la evolución futura de los sistemas de tuberías.

## Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez



Materiales y condiciones para controlar los problemas biopelícula-patógeno de las exposiciones humanas. Con el estancamiento del flujo de agua, las concentraciones de desinfectantes disminuyen, la temperatura del agua puede aumentar y las biopelículas crecen junto con protozoos de vida libre (FLP, en particular amebas hospedadoras de diversos patógenos saprozoos como *Legionella spp.*). El posterior flujo de agua y la aerosolización cerca de los seres humanos pueden proporcionar una dosis infecciosa. Adaptado de Shaheen *et al.* (2019) *Int J Hyg Environ Health* 222: 678-86.

Para controlar el problema asociado con el estancamiento/bajo caudal de agua en los edificios sanitarios, el agua caliente se recircula a través de tuberías de agua caliente para mantener una temperatura superior a 50 °C, una temperatura demasiado caliente para que los patógenos saprozoicos conocidos crezcan activamente (aunque pueden permanecer vivos pero latentes dentro de quistes de ameba huésped a temperaturas de hasta 65 °C). Más recientemente, también se recircula agua fría para mantenerla muy por debajo de los 25 °C con el fin de controlar la legionelosis y otras enfermedades oportunistas.

Las tuberías de hierro y cobre son comunes en los sistemas de agua de los edificios, pero estos materiales se corroen y reaccionan con los desinfectantes oxidantes, como el cloro, utilizados para mantener el agua segura. Sin embargo, las tuberías de plástico no están exentas de problemas. La materia orgánica asociada a las tuberías de plástico (PVC, PEX o polietileno) puede filtrarse en el entorno de la biopelícula y, a menudo, aportar carbono orgánico crítico para el crecimiento bacteriano en los sistemas de agua potable.

Las biopelículas de las tuberías también pueden capturar y concentrar patógenos entéricos. Los virus entéricos, las bacterias y los protozoos parásitos no proliferan fuera de sus correspondientes huéspedes en los sistemas de agua, pero pueden persistir como patógenos infecciosos. Las biopelículas también protegen de la desinfección con corina. En concreto, los virus entéricos humanos no sólo se adsorben a la matriz de la biopelícula y se concentran, sino que también pueden ser presa accidental de protozoos de vida libre. Recientemente se ha demostrado que las partículas de virus depredadas siguen siendo infecciosas y, por lo general, no son digeridas por las amebas. En última instancia, pueden liberarse en “biopelículas o paquetes ameboides” concentrados que se desprenden de la superficie subyacente de la tubería y que pueden tener una mayor probabilidad de producir una infección en caso de exposición humana.

**3. Omnipresentes, pero no necesariamente peligrosos.** Los patógenos saprozoicos se distribuyen ampliamente gracias a su capacidad para proliferar en el medio ambiente. Sin embargo, lo que hay que controlar es la administración de una dosis infecciosa. Muchos

## Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

saprozoos causan infecciones por inhalación de aerosoles o gotas de agua, no por ingestión. Otros saprozoos patógenos, como *P. aeruginosa*, pueden causar enfermedades de la piel, como una erupción cutánea conocida como foliculitis, o infecciones agudas del oído (otitis externa), a través de infecciones dérmicas que se producen por la exposición a piscinas y jacuzzis. Por lo tanto, los puntos de exposición deben diseñarse para minimizar la generación de aerosoles (es decir, gotas de menos de 10  $\mu\text{m}$  de diámetro) o las concentraciones de patógenos en las aguas (es decir, < 100 *P. aeruginosa* por 100 mL de agua de piscina). Evitar el uso de aireadores de conservación de agua en los grifos y cabezales de ducha finos de alta velocidad reduciría la generación de aerosoles.

Más problemáticos son los spas, que a menudo se mantienen a temperaturas cercanas a los 40 °C y sólo se airean o circulan periódicamente, lo que ofrece un alto potencial para albergar patógenos oportunistas como *P. aeruginosa* y *L. pneumophila*, que esperan ser aerosolizados o infectar a pacientes frágiles en entornos sanitarios. Afortunadamente, a diferencia de los patógenos entéricos que se transmiten de persona a persona, con la posibilidad de una propagación secundaria y grandes brotes de enfermedades en la comunidad, la mayoría de los patógenos saprozoos no pueden transmitirse de persona a persona, por lo que el ser humano representa un callejón sin salida en su ciclo de vida. De hecho, el ciclo de vida de patógenos como *L. pneumophila* y *Mycobacterium avium* se desarrolla dentro de biopelículas/protozoos de vida libre, lo que significa que, cuando se identifica un caso, procede de un sistema de agua.

Las micobacterias no tuberculosas (MNT), una serie de especies de *Mycobacterium* que no causan tuberculosis, pero que por desgracia sí provocan otras infecciones pulmonares y cutáneas, son omnipresentes en el medio ambiente. Las NTM son tan naturales en los sistemas de aguas subterráneas como colonizadoras de filtros de agua y biopelículas de agua entubada, sobre todo cuando la competencia se ve frenada por concentraciones más elevadas de desinfectantes del agua. Sin embargo, parece que sólo un subconjunto de MNT tiene el potencial de causar infecciones humanas y, como ocurre con otros patógenos oportunistas, sobre todo en las personas vulnerables que ya tienen daños pulmonares, predisposición genética o inmunidad suprimida. El grupo de especies de *Mycobacterium avium* es probablemente el mejor caracterizado como patógenos humanos potenciales, pero aún nos queda mucho por aprender sobre estos patógenos.

**4. Cuestiones contrapuestas - es necesario comprender el sistema para reducir las consecuencias imprevistas.** En un intento de ahorrar energía y reducir las escaldaduras de ancianos o niños pequeños, los calentadores de agua suelen bajar su temperatura. En lugar de suministrar agua a más de 60 °C, se ajustan para que el agua no queme a las personas, es decir, a una temperatura inferior a 50 °C, lo que, por supuesto, también ahorra energía. Las alcachofas de las duchas se han diseñado para aerosolizar más el agua y reducir así el volumen de agua utilizado por minuto de uso. Ahora se entiende que ambas medidas de conservación favorecen el crecimiento y la transmisión de patógenos saprozoicos en aerosoles, pero los códigos de prácticas de construcción y las cuestiones medioambientales en competencia tardan en cambiar.

Por lo tanto, como en cualquier intervención que intente hacer lo correcto, hay que tener en cuenta las repercusiones generales del sistema para no cambiar un problema por otro.

**5. Las piscinas y los spas tienen un doble problema.** Las piscinas tienen filtros diseñados para eliminar los patógenos entéricos que pueden liberar los bañistas (accidentalmente como

## Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

“flotadores en la piscina”, pequeños vertidos líquidos o simplemente por la superficie de la piel), sí, siempre hay restos de materia fecal en los bañistas, de ahí la razón de ducharse antes de bañarse. Los filtros de las piscinas también pueden acumular patógenos oportunistas, el más conocido es *P. aeruginosa* y por eso las piscinas tienen esa especie como medida de gestión específica (ser < 100 por 100 mL de agua de piscina).

El cloro o el desinfectante de amonio cuaternario que se utilizan habitualmente en piscinas y spas sirven en gran medida para inactivar trazas de patógenos entéricos que pueden acabar en el agua de la piscina y para inhibir el crecimiento e inactivar patógenos bacterianos como la *P. aeruginosa*.

Sin embargo, existen patógenos entéricos resistentes a los desinfectantes. El más común de ellos, causante de brotes de gastroenteritis en las piscinas, es el protozoo parasitario *Cryptosporidium hominis*, que se excreta en las heces en forma de una estructura resistente conocida como ooquiste. La gestión de los ooquistes resistentes a la desinfección se basa en una filtración eficaz del agua de las piscinas. Esto pone de relieve un objetivo central de la gestión: disponer de múltiples barreras para gestionar los riesgos de patógenos. Desgraciadamente, la mayoría de las piscinas sólo disponen de barreras contra patógenos claves, desinfectante y un sistema de filtración de patógenos. Los brotes de gastroenteritis en piscinas suelen producirse a través de ooquistes resistentes a los desinfectantes que se liberan directamente en el agua de la piscina, en lugar de a través de patógenos bacterianos o víricos entéricos que se previenen mejor con barreras de desinfección y filtración de la piscina.

Los spas, como ya se ha comentado, son especialmente problemáticos de gestionar, debido a su uso esporádico de circulación/gasificación y a los periodos intermedios adecuados para el crecimiento de biopelículas de patógenos, seguido de la liberación de aerosoles de gasificación. Se han notificado muchos brotes documentados de legionelosis en usuarios de piscinas de spa de edad avanzada, e incluso en visitantes cercanos que inhalan aerosoles que contienen *L. pneumophila* y que circulan a través de los sistemas de circulación de aire de los edificios.

**6. Torres de refrigeración: un punto caliente para la *Legionella*, pero no la carga sanitaria dominante.** Los brotes de legionelosis más comúnmente documentados proceden de las torres de refrigeración. Se trata de estructuras en las que el agua caliente circula sobre superficies cubiertas de biopelículas mientras una contracorriente de aire sube y sale por la parte superior de la torre. Las torres de refrigeración están diseñadas específicamente para conseguir un enfriamiento evaporativo que reduzca la temperatura del agua utilizada para eliminar el calor en los procesos industriales, incluido el aire acondicionado. El aire que sale de la parte superior de una torre de refrigeración está cargado de aerosoles que pueden contener materiales de biopelícula, que a su vez pueden contener *Legionella*. ¡Estos aerosoles de *L. pneumophila* pueden desplazarse varios kilómetros y causar legionelosis a las personas que se encuentran a sotavento!

En ocasiones, los aerosoles de las torres de refrigeración están situados demasiado cerca de las estructuras de entrada de aire de los edificios, por lo que introducen directamente aerosoles de *Legionella* en los sistemas de aire acondicionado, ¡lo que da lugar a la causa clásica de los brotes de legionelosis en las torres de refrigeración!

Que la mayoría de los brotes de legionelosis estén asociados a las torres de refrigeración (y de hecho, ahora están mejor reguladas para gestionar este problema), no significa que sea la

## Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

razón de la mayoría de los casos de legionelosis. Lo que está surgiendo es que los brotes de legionelosis, como los de las torres de refrigeración, sólo pueden representar menos del 25% de todos los casos documentados. La legionela (aerosoles) causa en gran medida casos esporádicos (menos de dos personas identificadas como infectadas a partir de una sola fuente). Muchos de estos casos esporádicos se dan en varones fumadores de más de 65 años con problemas de salud subyacentes, lo que ilustra la naturaleza patógena oportunista general de la legionelosis.

¿Dónde surgen estos casos esporádicos? ¡Parece que muchos se producen en entornos sanitarios a través del crecimiento de *L. pneumophila* en agua caliente y su mezcla con agua fría antes de la aerosolización y la exposición humana a través de grifos y duchas aireadas!

### Relevancia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los Grandes Retos

- **Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.** Los sistemas de abastecimiento de agua no sólo son un sistema potencial de distribución de patógenos, sino que también pueden servir de hábitat para el crecimiento de patógenos, por lo que representan una fuente de riesgos para la salud. Esto significa que debe prestarse especial atención a su construcción y mantenimiento, a fin de reducir los riesgos al mínimo.

### Posibles Implicaciones para las Decisiones

#### 1. Individual

- a. Dados los riesgos particulares de una bañera de hidromasaje, ¿debería adquirir una?
- b. En caso afirmativo, ¿qué riesgos debe tener en cuenta?
- c. En particular, ¿está preparado para mantenerlo de forma segura y qué significa eso a diario y con menos frecuencia?
- d. Si tiene una herida en la piel, ¿es seguro nadar y, en caso afirmativo, dónde? ¿O debería utilizar un jacuzzi?
- e. Si se va de vacaciones a un hotel en el que las habitaciones se utilizan con menos frecuencia, ¿de qué riesgos debe preocuparse por la fontanería de la habitación y su piscina o spa?
- f. ¿En qué debe fijarse (o qué debe oler) para saber si el agua de la piscina/spa está desinfectada?
- g. Al visitar un lugar en el que sale una floración o aerosoles (niebla de vapor) de una torre de refrigeración, ¿qué tipo de riesgo patógeno existe y cómo se minimiza dicho riesgo?

#### 2. Políticas comunitarias

- a. Para minimizar los riesgos de patógenos entéricos en piscinas/balnearios, ¿deberían los operadores o los agentes municipales responsables exigir el duchado previo?
- b. ¿Influirá la ducha previa en los patógenos saprozoos asociados a un spa?
- c. ¿Cuáles son las necesidades para reducir los riesgos de patógenos saprozoicos en piscinas y spas comunitarios?

## Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

### 3. Políticas nacionales

- a. Normativa/directrices relativas a los patógenos transmitidos por el agua en el entorno construido, centrándose especialmente en las torres de refrigeración y los sistemas de calefacción y refrigeración dentro de los edificios.
- b. Identificación clara de los responsables del mantenimiento de los sistemas de agua caliente dentro de los edificios.
- c. Identificación clara de las funciones del proveedor municipal de agua potable.
- d. Formación/instrucción adecuada de los responsables del suministro y mantenimiento de los sistemas de agua

### Participación de los alumnos

1. *Debate enc lase sobre los problemas asociados a los patógenos transmitidos por el agua*, por separado para los patógenos entéricos y los patógenos saprozoicos.

### 2. Sensibilización de los alumnos

- a. ¿Desea asumir los riesgos conocidos con una bañera de hidromasaje doméstica o unirse a otras personas en una bañera de hidromasaje comunitaria?
- b. ¿Qué medidas paliativas deberías preguntar o adoptar tú mismo?
- c. ¿Qué aconsejaría en una residencia de ancianos en relación con el uso de un jacuzzi?

### 3. Ejercicios

- a. Describir los signos de un posible mantenimiento deficiente de los sistemas de agua caliente y fría en un hotel y qué se podría hacer para mejorar la situación.
- b. Discutir los pros y los contras de las iniciativas de conservación de la energía que afectan a los sistemas de agua.

### Base Empírica, Lecturas Complementarias y Material Didáctico

Para el material didáctico, se sugieren los siguientes vídeos cortos:

CDC: *Legionella Ecology and an Introduction to Environmental Health and Engineering*  
<https://www.youtube.com/watch?v=RV0bmdliQjQ>

UNC: Nontuberculous Mycobacterial Lung Disease Today and Tomorrow  
[https://www.youtube.com/watch?v=EVCX\\_cTcnPw](https://www.youtube.com/watch?v=EVCX_cTcnPw)

Principales referencias (Recurso abierto)

Ashbolt, N. J. (2015). "Environmental (saprozoic) pathogens of engineered water systems: Understanding their ecology for risk assessment and management." *Pathogens* 4(2): 390-405.

Ashbolt, N. J. (2015). "Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems." *Current Environmental Health Reports* 2(1): 95-106.