

Capítulo 13

RIESGO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA EN ZONAS RURALES

Resumen

A nivel mundial, el 80% de las enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales y una tercera parte de las defunciones causadas por éstas se deben al uso y consumo de agua insalubre. La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en países en desarrollo. El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos. Los organismos transmitidos por el agua habitualmente crecen en el tracto intestinal y abandonan el cuerpo por las heces. Dado que se puede producir la contaminación fecal del agua (si ésta no se trata adecuadamente) al consumirla, el organismo patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador. Como el agua se ingiere en grandes cantidades, puede ser infecciosa aun cuando contenga un pequeño número de organismos patógenos. Los microorganismos patógenos que prosperan en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera, fiebre tifoidea, disenterías, poliometitis, hepatitis y salmonelosis, entre otras enfermedades. El agua y alimentos contaminados tienen una gran importancia en la transmisión de patógenos causantes del síndrome diarreico, por lo que se hace necesario tener estrategias que permitan un manejo adecuado de ella. La OMS calcula que la morbilidad (número de casos) y mortalidad (número de muertes) derivadas de las enfermedades más graves asociadas con el agua se reduciría entre un 20 y un 80 por ciento, si se garantizara su potabilidad y adecuada canalización.

Palabras clave : Agua contaminada, salud ambiental, epidemias, coliformes.

Introducción

El agua hace posible un medio ambiente saludable pero, paradójicamente, también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades. Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades producidas por el "agua sucia" —las causadas por el agua que se ha contaminado con desechos humanos, animales o químicos. Mundialmente, la falta de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más de 12 millones de defunciones por año.

Se estima que 3.000 millones de personas carecen, por ejemplo, de servicios higiénicos. Más de 1.200 millones de personas están en riesgo porque carecen de acceso a agua dulce salubre. En lugares que carecen de instalaciones de saneamiento apropiadas, las enfermedades transmitidas por el agua pueden propagarse con gran rapidez. Esto sucede cuando excrementos portadores de organismos infecciosos son arrastrados por el agua o se lixivian hasta los manantiales de agua dulce, contaminando el agua potable y los alimentos. La magnitud de la propagación de estos organismos infecciosos en un manantial de agua dulce determinado depende de la cantidad de excremento humano y animal que éste contenga. Dado que se puede producir la contaminación fecal de los abastecimientos de agua, si el agua no se trata adecuadamente, el patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador, al consumirla.

Las enfermedades diarreicas, las principales enfermedades transmitidas por el agua, prevalecen en numerosos países en los que el tratamiento de las aguas residuales es inadecuado. Los desechos humanos se evacúan en letrinas abiertas, canales y corrientes de agua, o se esparcen en las tierras de labranza. Según las estimaciones, todos los años se registran

4.000 millones de casos de enfermedades diarreicas, que causan 3 a 4 millones de defunciones, sobre todo entre los niños. El uso de aguas residuales como fertilizante puede provocar epidemias o enfermedades como el cólera. Estas enfermedades pueden incluso volverse crónicas en lugares donde los suministros de agua limpia son insuficientes. A principios de los años noventa, por ejemplo, las aguas residuales sin tratar que se utilizaban para fertilizar campos de hortalizas ocasionaron brotes de cólera en Chile y Perú. La epidemia del cólera -que se abatió sobre Perú en 1991 y se extendió a casi toda Latinoamérica- es un recordatorio de la velocidad con que se propagan las enfermedades transmitidas por el agua.

Con más de un millón de casos reportados y casi 10 mil muertos a fines de 1994, el cólera también alertó sobre el hecho de que la activación de una ruta de transmisión impulsa otras.

Contaminación microbiológica del agua

Las afecciones que se propagan por el agua se conocen como "enfermedades transmitidas por el agua". Sus agentes patógenos son biológicos, más que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten en la heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. De forma que estas enfermedades se suelen contraer al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por esas heces (vía fecal-oral).

Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchos tipos de microorganismos tales como: bacterias, virus, protozoos y, en ocasiones, helmintos (lombrices), todos ellos muy diferentes en tamaño, estructura y composición.

Bacterias transmitidas por el agua

Shigellae dysenteriae, que causa la disentería (diarrea sangrante), una enfermedad que se manifiesta con fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones.

Esta enfermedad puede causar epidemias de gran magnitud, con altísimos índices de mortalidad, como la que se registró en América Latina entre 1969 y 1973, que causó más de 500 mil enfermos y 9 mil muertos.

Salmonella typhi, es un bacilo que causa la fiebre tifoidea, una enfermedad sistémica grave que puede dar lugar a hemorragia o perforación intestinal. Aunque el agente de la fiebre tifoidea puede transmitirse también por alimentos contaminados y por contacto directo con personas infectadas, la forma más común de transmisión es a través del agua. La fiebre tifoidea ha sido prácticamente eliminada de muchas partes del mundo, principalmente como resultado del desarrollo de métodos efectivos para tratar el agua.

Salmonella spp., agente de salmonelosis, enfermedad más frecuente que la fiebre tifoidea, pero generalmente menos severa.

Vibrio cholerae, agente etiológico del cólera, se transmite habitualmente a través del agua. Sin embargo, también puede transmitirse por consumo de mariscos u hortalizas crudas. La enfermedad ha sido prácticamente eliminada en los países desarrollados gracias a la eficaz potabilización del agua.

Escherichia coli, generalmente las cepas de *E. coli* que colonizan el intestino son comensales, sin embargo dentro de esta especie se encuentran bacterias patógenas causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales. Dentro de los *E. coli* patógenos se incluyen: *E. coli enteropatogénico*, *E. coli enterotoxigénico*, *E. coli enteroinvasivo*, *E. coli enterohemorrágico*, *E. coli enteroadherente*, *E. coli enteroagregativo*.

Tabla 1. Principales bacterias transmitidas por el agua.

Bacterias	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
<i>Salmonella typhi</i>	Heces, orina	7 - 28 días (14)	5 - 7 días (semanas – meses)	Fiebre, tos, náusea, dolor de cabeza, vómito, diarrea
<i>Salmonella sp.</i>	Heces	8 - 48 horas	3 - 5 días	Diarrea acuosa con sangre
<i>Shigellae sp.</i>	Heces	1 - 7 días	4 - 7 días	Disentería (diarrea con sangre), fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones.
<i>Vibrio cholerae</i>	Heces	9 - 72 horas	3 - 4 días	Diarrea acuosa, vómito, deshidratación
<i>V. cholerae</i> No.-01	Heces	1 - 5 días	3 - 4 días	Diarrea acuosa
<i>Eschericia coli</i> enterohemorrágica O157:H7	Heces	3 - 9 días	1 - 9 días	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal agudo, vómitos, no hay fiebre
<i>Eschericia coli</i> enteroinvasiva	Heces	8 - 24 horas	1 - 2 semanas	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces son mucosas y con sangre
<i>Eschericia coli</i> enterotoxigena	Heces	5 - 48 horas	3 - 19 días	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofríos, náusea, mialgia
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Heces, orina	1- 11 días (24 - 48 horas)	1 - 21 días (9)	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre, vómito
<i>Campylobacter jejuni</i>	Heces	2 - 5 días (42 - 72 horas)	7 - 10 días	Diarrea, dolores abdominales, fiebre y algunas veces heces fecales con sangre, dolor de cabeza
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Heces	20 - 24 horas	1 - 2 días	Fiebre, escalofríos, dolor abdominal, náusea, diarrea o vómito
<i>Aeromonas sp.</i>	Heces	Desconocido	1 - 7 días	Diarrea, dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza y colitis, las heces son acuosas y no son sanguinolentas

Virus relacionados con brotes de afecciones transmitidas por el agua

Entre ellos, se encuentran los virus de la hepatitis A y E, los enterovirus, los adenovirus y los rotavirus, una de las principales causas de la gastroenteritis infantil. Los virus adquieren una importancia especial para la salud pública, ya que se evacuan en gran cantidad a través de deposiciones de individuos infectados (*Tabla 2*).

Tabla 2. Principales virus transmitidos por el agua.

Virus	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
Enterovirus (Poliovirus 1, 2, 3, Cocksackie A y B, Echovirus).	Heces	3 - 14 días (5 - 10)	Variable	Gastrointestinales (vómitos, diarrea, dolor abdominal y hepatitis). encefalitis, enfermedades respiratorias, meningitis, hiperangina, conjuntivitis
Astrovirus	Heces	1 - 4 días	2 - 3 días	Nausea, vómito, diarrea, dolor abdominal, fiebre
Virus de la Hepatitis A (VHA)	Heces	15 - 50 días (25 - 30)	1 - 2 semanas hasta meses	Cansancio, debilidad muscular, síntomas gastrointestinales como pérdida de apetito, diarrea y vomito, o síntomas parecidos a la gripe como dolor de cabeza, escalofríos y fiebre, sin embargo, los síntomas mas llamativos de esta enfermedad son la ictericia, es decir, el cambio que se produce en el color de los ojos y la piel hacia un tono amarillo (a veces intenso), las heces pálidas y la coloración intensa de la orina. A diferencia de los adultos, en niños se presentan signos mas atípicos y síntomas gastrointestinales como náusea, vómito, dolores abdominales y diarrea.
Virus de la Hepatitis E (VHE)	Heces	15 - 65 días (35 - 40)	Similar a lo descrito para VHA	Similar a lo descrito para VHA
Rotavirus (Grupo A)	Heces	1 - 3 días	5 - 7 días	Gastroenteritis con náusea y vómito
Rotavirus (Grupo B)	Heces	2 - 3 días	3 - 7 días	Gastroenteritis
Calicivirus	Heces	1 - 3 días	1 - 3 días	Gastroenteritis
Virus Norwalk-like	Heces	1 - 2 días	1 - 4 días	Diarrea, nausea, vómito, dolor de cabeza, dolor abdominal

Protozoos de importancia en el agua

Giardia lamblia, agente de giardiasis, una forma de gastroenteritis aguda. Es un protozoo flagelado que se transmite a las personas principalmente por el agua contaminada. Las células del protozoo, trofozoítos, producen una forma de reposo llamada “quiste” y ésta es la forma primaria transmitida por el agua.

Cryptosporidium, agente de cryptosporidiosis caracterizada por una fuerte diarrea, autolimitada en individuos normales. En 1994, se reportaron 400 mil casos de cryptosporidiosis en Milwaukee, Wisconsin, EEUU (Tabla 3).

Tabla 3. Principales parásitos transmitidos por el agua.

Parásito	Fuente	Período de incubación	Duración	Síntomas clínicos
<i>Giardia lamblia</i>	Heces	5 - 25 días	Meses - años	Puede ser asintomática (hasta un 50%) o provocar una diarrea leve. También puede ser responsable de diarreas crónicas con mala absorción y distensión abdominal.
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Heces	1 - 2 semanas	4 - 21 días	Provoca diarrea acuosa, con dolor abdominal y pérdida de peso. Es un cuadro grave en un huésped comprometido y una infección oportunista en otros pacientes.
<i>Entamoeba histolytica</i> / Amebiasis	Heces	2 - 4 semanas	Semanas - meses	Dolor abdominal, estreñimiento, diarrea con moco y sangre
<i>Cyclospora</i> var. cayetanensis	Heces (oocistes)	3 - 7 días	Semanas - meses	Diarrea acuosa con frecuentes deposiciones, náuseas, anorexia, dolor abdominal, fatiga, pérdida de peso, dolores musculares, meteorismo, y escasa fiebre.
<i>Balantidium coli</i>	Heces	Desconocido	Desconocido	Dolor abdominal, diarrea con moco y sangre, pujo y tenesmo
<i>Dracunculus medinensis</i>	Larva	8 - 14 meses	Meses	El parásito eventualmente emerge (del pie en el 90% de los casos), causando edema intenso y doloroso al igual que úlcera. La perforación de la piel se ve acompañada de fiebre, náuseas y vómitos.

Principales enfermedades relacionadas con el agua

Los riesgos vinculados al deterioro y escasez de agua pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- Los transmitidos por el agua (Tabla 4).

Tabla 4. Principales enfermedades transmitidas por el agua.

Enfermedades	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos ^a	Defunciones por año
<i>Disentería amebiana</i>	Los protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	500 millones por año	*
<i>Disentería bacilar</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	*	*
<i>Enfermedades diarreicas (inclusive la disentería amebiana y bacilar)</i>	Diversas bacterias, virus y protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	4.000 millones actualmente	3-4 millones
<i>Cólera</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Sudamérica, África, Asia	384.000 por año	20.000
<i>Hepatitis A</i>	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	600.000 a 3 millones por año	2.400 a 12.000
<i>Fiebre paratifoidea y tifoidea</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	80% en Asia, 20% en América Latina, África	16 millones actualmente	600.000
<i>Poliomielitis</i>	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	66% en la India, 34% en el Cercano Oriente, Asia, África	82.000 actualmente	9.000
^a El número de casos se presenta como incidencia ("por año") —el número de nuevos casos ocurridos en un año— o como prevalencia ("actualmente") —el número de casos existentes en un momento dado. *Incluidas las enfermedades diarreicas **No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente. ND = no disponible Fuente: WHO 1996, excepto disentería amebiana, disentería bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998				

- Con base en el agua, los transmisibles por parásitos o patógenos que pasan parte de su ciclo biológico en el agua (Tabla 5).

Los causantes de las enfermedades con base en el agua, son organismos que pasan parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales. Estos organismos pueden prosperar tanto en aguas contaminadas como no contaminadas. Como parásitos, generalmente toman forma de gusanos y se valen de vectores animales intermediarios (como los caracoles) para prosperar, y luego infectan directamente al hombre, penetrando a través de la piel o al ser ingeridos. Son enfermedades con base en el agua la ascariasis, dracunculosis, paraginimiasis, clonorquiasis y esquistosomiasis. Los causantes de estas enfermedades son una variedad de gusanos trematodos, tenias, vermes cilíndricos y nemátodos vermiformes, denominados colectivamente helmintos, que infectan al hombre. Aunque estas enfermedades generalmente no son mortales, pueden ser extremadamente dolorosas e impiden trabajar a quienes las padecen, e incluso a veces impiden el movimiento. En América Latina, tienen importancia la ascariasis y la paraginimiasis.

Tabla 5. Principales enfermedades con base en el agua.

Enfermedades	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos ^a	Defunciones por año
Ascariasis	Los huevos fecundados se expulsan con las heces humanas. Las larvas se desarrollan en la tierra caliente. El hombre ingiere la tierra que está sobre los alimentos. Las larvas penetran la pared intestinal, donde maduran.	África, Asia, América Latina	250 millones actualmente	60.000
Clonorquiasis	Los gusanos se reproducen en caracoles gastrópodos, luego los tragan peces de agua dulce u otros caracoles. Cuando el hombre come pescado crudo o poco cocinado, los gusanos migran a los conductos biliares y ponen huevos.	Asia Sudoriental	28 millones actualmente	Ninguna notificada
Dracunculosis (guinea worm)	El gusano de Guinea (<i>Dracunculus medinensis</i>) es ingerido por el ciclope (un crustáceo). Cuando el hombre ingiere el ciclope, las larvas del gusano se liberan dentro del estómago. Las larvas penetran la pared intestinal, luego se desarrollan, transformándose en gusanos, y migran a través de los tejidos. Después de un año, el gusano adulto llega a la superficie de la piel de las extremidades inferiores. La hembra entra en contacto con el agua y despiden las larvas dentro del agua.	78% en Sudán, 22% en otros países africanos al sur del Sahara y algunos casos en la India y Yemen	153.000 por año	Ninguna notificada
Paraginitiasis	Los gusanos que viven en quistes pulmonares ponen huevos en los pulmones humanos que se expectoran y luego se tragan. Los huevos de los gusanos se expulsan con las heces y se abren en agua dulce. Las larvas encuentran caracoles huéspedes en los cuales se reduplican, luego se mudan a cangrejos o cangrejos de río. El hombre come mariscos y pescados de mar sin cocinar. Los gusanos migran en parejas del estómago a través de la pared y del diafragma intestinal a los pulmones, donde se aparean.	Lejano Oriente, América Latina	5 millones actualmente	Ninguna notificada
Esquistosomiasis	Los huevos del gusano esquistosoma se expulsan con las heces humanas. Los huevos hacen eclosión en contacto con el agua, liberando el parásito miracidium. El parásito ingresa en un caracol de agua dulce, donde se reduplica. Se libera otra vez dentro del agua, luego penetra en la piel del hombre en unos segundos y pasa a los vasos sanguíneos. En 30 a 45 días, miracidium crece y se convierte en gusano, que puede poner de 200 a 2.000 huevos por día, durante un promedio de 5 años.	África, Cercano Oriente, faja de bosque húmedo en África Central, Pacífico Occidental, Kampuchea, Laos	200 millones actualmente	20.000

^a El número de casos se presenta como incidencia ("por año") —el número de nuevos casos ocurridos en un año— o como prevalencia ("actualmente") —el número de casos existentes en un momento dado.

*Incluidas las enfermedades diarreicas

**No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente.

ND = no disponible

Fuente: WHO 1996, excepto disentería amebiana, disentería bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998

- Vectoriales relacionadas con el agua, transmitidas por vectores que se desarrollan en el agua, atribuibles a la falta de agua para la higiene personal y doméstica (Tabla 6).

Millones de personas sufren de infecciones transmitidas por vectores —insectos u otros animales capaces de transmitir una infección, como los mosquitos y las moscas tssetsé— que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas. Estos vectores infectan al hombre con paludismo, fiebre amarilla, dengue, enfermedad del sueño y filariasis. El paludismo, la enfermedad más extendida, es endémico en unos 100 países en desarrollo, y unos 2.000 millones de personas están en riesgo de contraerla. La incidencia de enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua parece estar aumentando. Hay numerosas razones para ello: la gente está desarrollando resistencia a los medicamentos antipalúdicos; los mosquitos están desarrollando resistencia al DDT, el insecticida que más se usa; los cambios ambientales están creando nuevos lugares de cría; a raíz de la migración, los cambios climáticos y la creación de nuevos hábitats, hay menos personas que desarrollan inmunidad a la enfermedad; y muchos programas de control del paludismo se llevan a cabo a un ritmo más lento o se han abandonado.

Tabla 6. Principales enfermedades vectoriales relacionadas con el agua

Enfermedades	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos ^a	Defunciones por año
<i>Dengue</i>	Un mosquito recoge el virus de un ser humano o animal infectado. El virus tiene un período de incubación de 8 a 12 días y se reduplica. En la próxima ingesta de sangre del mosquito, el virus se inyecta en la corriente sanguínea.	Todo medio ambiente; tropical en Asia, Centroamérica y Sudamérica	50-100 millones por año	24.000
<i>Filariasis (incluida la elefantiasis)</i>	Las larvas son ingeridas por un mosquito y se desarrollan. Cuando el mosquito infectado pica a un ser humano, las larvas penetran por punción y llegan a los vasos linfáticos, donde se reproducen.	África, Mediterráneo Oriental, Asia, Sudamérica	120 millones actualmente	Ninguna notificada
<i>Paludismo</i>	Los protozoos se desarrollan en el intestino del mosquito y se expulsan con la saliva en cada ingesta de sangre. Los parásitos son transportados por la sangre al hígado del hombre, donde invaden las células y se multiplican.	África, Asia Sudoriental, India, Sudamérica	300-500 millones por año (clínical)	2 millones
<i>Oncocercosis (ceguera de los ríos)</i>	Los embriones del gusano son ingeridos por jejenes. Los embriones se desarrollan y se convierten en larvas dentro de los jejenes, que inyectan las larvas en el hombre al picarlo.	África Subsahariana, América Latina	18 millones actualmente	Ninguna notificada**
<i>Fiebre del Valle del Rift (FVR)</i>	El virus generalmente existe en huéspedes animales. Los mosquitos y otros insectos chupadores de sangre recogen el virus y lo inyectan en la sangre del hombre. Éste también se infecta cuando trabaja con humores corporales de animales muertos.	África Subsahariana	ND	1% de los casos
^a El número de casos se presenta como incidencia ("por año") —el número de nuevos casos ocurridos en un año— o como prevalencia ("actualmente") —el número de casos existentes en un momento dado. *Incluidas las enfermedades diarreicas **No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente. ND = no disponible Fuente: WHO 1996 , excepto disentería amebiana, disentería bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998				

Calidad microbiológica del agua

A causa de las enfermedades de origen hídrico y el interés de controlarlas, los estudios bacteriológicos del agua se han orientado, en su mayor parte, hacia sus aspectos sanitarios. Uno de los criterios, utilizado para determinar la calidad sanitaria del agua, es la clase y número de bacterias que se encuentran presentes. En general, los métodos utilizados están diseñados para detectar el grado de contaminación del agua con desechos de origen humano y/o animal.

Tradicionalmente se han usado ensayos para la determinación de microorganismos indicadores más que para la determinación de patógenos. Los métodos usados para el aislamiento y el recuento de los microorganismos patógenos en agua, alimentos, etc. pueden no ser eficaces debido a que dichos microorganismos se encuentran en muy baja cantidad, sobre todo en presencia de números altos de otros microorganismos, o tienen una distribución irregular en el producto. Aún cuando se cuenta con métodos sensibles, en general son largos y costosos; además, hay patógenos que no pueden determinarse en laboratorios no especializados, como, por ejemplo, el virus de la hepatitis A.

Estas dificultades han hecho que se utilicen grupos de microorganismos de detección y cuantificación más fáciles y cuya presencia en cierto número se considera como una indicación de que la muestra estuvo expuesta a condiciones que pudieron determinar la llegada a la misma de microorganismos peligrosos y/o permitir la proliferación de especies patógenas. Estos grupos de microorganismos se denominan 'indicadores'. Éstos son organismos habitualmente asociados al tracto intestinal, cuya presencia en el agua indica que el agua ha recibido una contaminación de origen intestinal.

El grupo de bacterias coliformes ha sido siempre el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma. Los coliformes son bacilos Gram (-), aerobios o anaerobios facultativos, que fermentan la lactosa con formación de gas cuando se incuban 48 horas a 35 °C. Incluye los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y especies lactosa

positivas de otros géneros. En la práctica, los organismos coliformes son siempre miembros del grupo de las bacterias entéricas. Estas bacterias son adecuadas como indicadores porque son habitantes comunes del tracto intestinal, tanto de las personas como de los animales de sangre caliente, donde están presentes en grandes cantidades. También interesa la determinación de coliformes fecales que representan la fracción de coliformes presentes en intestinos y materias fecales del hombre o animales de sangre caliente (coliformes termotolerantes). Esto proporciona información importante sobre la fuente y el tipo de contaminación presente.

Un método muy utilizado para el recuento de coliformes en agua ha sido siempre el Número Mas Probable (NMP), aunque se han ido variando los medios de cultivo, las condiciones y las técnicas de análisis, con el objetivo de obtener cada vez mayor sensibilidad y precisión, hasta el punto que se ha llegado a aceptar como método estándar. Los distintos métodos de NMP para coliformes totales se basan, en primera instancia, en una selección de los microorganismos que producen ácido y gas a partir de lactosa a 35°C. Por ello, el primer paso es siempre la siembra en tubos de algún caldo lactosado, con o sin inhibidores, con un tubo de fermentación que permite recoger el gas que pueda producirse. A esto sigue una confirmación en un medio líquido selectivo y/o una determinación de los coliformes fecales cuya diferenciación se realiza con base en el hecho de que pueda producir gas desde lactosa, en un medio apropiado cuando se incubaba a 44,5°C mientras que los demás coliformes no.

También es utilizado el método de filtración por membrana para el recuento de bacterias coliformes totales y fecales. Es un método altamente reproducible, que puede usarse para analizar volúmenes de muestra relativamente grandes y con el que se obtienen resultados en menor tiempo que con el NMP. Sin embargo, no puede aplicarse a cualquier tipo de muestra y tiene sus limitaciones. Las bacterias coliformes dan colonias oscuras con brillo metálico en medio Endo, luego de 24 h de incubación a 35°C. La determinación de coliformes fecales se hace a partir de las colonias desarrolladas en Endo o directamente incubando la membrana en medio m-FC e incubando a 44,5°C.

Para la detección simultánea de coliformes totales y *Escherichia coli* se puede utilizar la prueba de sustrato enzimático. En este caso, el grupo de coliformes totales incluye todas las bacterias que presentan la enzima beta-D-galactosidasa, que hidroliza un sustrato cromogénico (por ejemplo, ONPG) liberando el cromógeno. Como *E. coli* se incluyen todas las bacterias que dan positiva la reacción de coliformes totales y que tienen actividad beta-glucuronidasa, que rompe el sustrato fluorogénico (por ejemplo, MUG), liberando el fluorógeno. Este método permite llevar a cabo tanto recuentos como ensayos de ausencia/presencia.

También se usa como indicador de contaminación fecal la presencia de *Enterococcus faecalis*. El hábitat normal de los *Enterococcus faecalis* es el intestino del hombre y los animales de sangre caliente, por lo tanto, son indicadores de contaminación fecal, sobre todo en muestras de lagos, estuarios, ríos, etc. La identificación de las especies puede proporcionar información sobre la fuente de contaminación debido a que algunas especies son específicas en cuanto a sus posibles huéspedes. Existen distintos métodos estándar para su estimación: NMP y Filtración por membrana.

El recuento de bacterias heterotróficas totales consiste en un método estandarizado para determinar la densidad de bacterias heterótrofas, mesófilas aerobias y anaerobias facultativas en el agua. Así se obtiene información útil que se estudia junto con el índice de coliformes; también se usa para controlar un determinado proceso en el tratamiento de agua o para verificar la calidad del agua tratada, luego de recorrer toda la red de distribución.

Otro grupo de indicadores que ha comenzado a utilizarse en aguas lo constituyen los colifagos, que son bacteriófagos de coliformes, es decir, se encuentran siempre que haya coliformes totales y fecales. De acuerdo con estudios de correlación entre números de colifagos y coliformes en agua, se podría utilizar el índice de colifagos como índice de calidad sanitaria del agua. Además, como son más resistentes a la cloración que los coliformes, pueden ser mejores indicadores de desinfección que estos últimos (Figura 1).

El método de cuantificación se basa en la formación de placas de lisis. Los colifagos (bacteriófagos) infectan y se multiplican en bacterias sensibles a ellos. Esto provoca la lisis celular de esas bacterias y la liberación de partículas virales que infectarán las células bacterianas adyacentes. A medida que las bacterias se vayan lisando, se formarán zonas claras entre el crecimiento confluyente de la bacteria utilizada, determinando las conocidas como “placas de lisis”. La cepa utilizada en los ensayos es una *E. coli* sensible a la infección por colifagos (ATCC 13706).

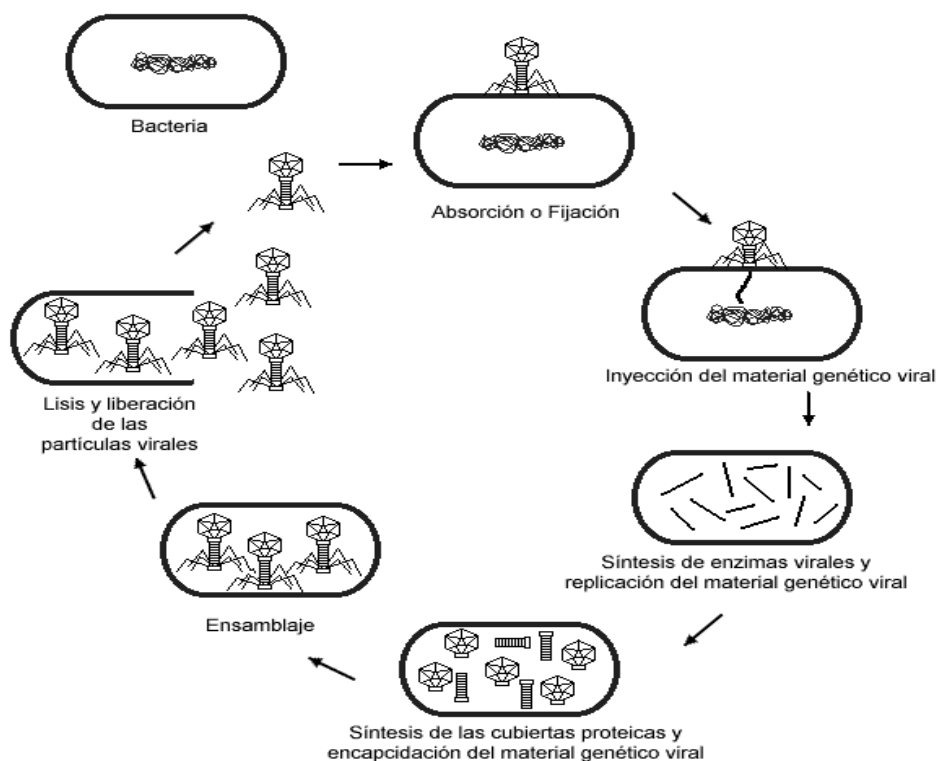


Figura 1. Ciclo de multiplicación de colifagos.

Implicaciones sanitarias de la potabilización del agua

La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en los países en desarrollo.

Los procedimientos sanitarios pueden aplicarse bien para evitar la contaminación del agua o bien para destruir el patógeno que ya se encuentre presente en ella. Los programas de depuración de agua han sido responsables de la disminución de las infecciones transmitidas por agua.

La eliminación de la turbidez del agua por filtración, proporciona un significativo descenso en la carga microbiana del agua. Pero la filtración, por sí sola, tiene sólo un valor parcial, porque muchos organismos son filtrables. A diferencia del tratamiento con cloro que ha demostrado ser eficaz en la disminución de la incidencia de enfermedades transmitidas por agua.

Para prevenir y controlar la contaminación biológica del agua debería realizarse un seguimiento de la calidad bacteriológica de las aguas de suministro en zonas rurales, así como desarrollar y adaptar metodologías que permitan detectar la presencia de microorganismos patógenos que no pueden aislarse por métodos convencionales.

Medidas higiénicas en los suministros de agua:

El agua puede contaminarse en la fuente de suministro, por el ingreso de contaminantes durante la distribución del agua y dentro de la vivienda, por el uso de recipientes mal protegidos o por la manipulación insalubre del agua, aún cuando la fuente se encuentre razonablemente protegida. Por ello, para ayudar a prevenir las enfermedades transmitidas por agua, deberían tomarse algunas medidas sencillas como:

- Hervir el agua hasta que comience a evaporarse.
- Desinfectar el agua colocando dos gotas de cloro por litro de agua, durante media hora, antes de su consumo.
- Usar la energía solar para la desinfección del agua (comunidades pequeñas).
- Lavar las manos después de ir al baño y antes de manipular alimentos.

Bibliografía

- BROCK, D.; MADIGAN, M.; MARTINKO, J. Y PARKER J. (2000) "Biology of microorganisms". Prentice-Hall international, Inc.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). (1994) "The quality of our nation's water": Washington, D.C., EPA, Dec. p.209.
- ESREY, S.A. Y HABICHT, J.-P. (1986) "Epidemiologic evidence for health benefits from improved water and sanitation in developing countries". *Epidemiologic Reviews* 8, 117-128.
- ESREY, S.A., POTASH, J.B., ROBERTS, L. Y SHIFF, C. (1991). "Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma". *Bulletin of the World Health Organization* 69(5), 609-621.
- KLOHN, W. Y WOLTER, W. (1998) "Perspectives on food and water. Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development", Paris, Mar. 19-21., p. 1-6.
- LECLERC, H.; EDBERG, S.; PIERZO, V. Y DELATTRE, J.M.. (2000) "Bacteriophages as indicators of enteric viruses and public health risk in groundwater". *J. Appl. Microbiol.* 85, 5-21.
- LECLERC, H.; MOSSEL, D.; EDBERG, S. Y STRUIJK, C. (2001). "Advances in the bacteriology of the coliform group: Their suitability as markers of microbial water safety". *Annu. Rev. Microbiol.* 55, 201-234.
- RAHMAN, M. (1985) "Impact of environmental sanitation and crowding on infant mortality in rural Bangladesh". *Lancet* 8445(2), 28-31.
- SERAGELDIN, I. (1995) "Water resources management: New policies for a sustainable future". *Stockholm Water Front*, Jun. 1, p. 2-3.
- SERAGELDIN, I. (1994). "Water supply, sanitation, and environmental sustainability: The financing challenge". Washington, D.C., World Bank. p. 1-35.
- SHERBININ, A. (1997) "Water and population: The urgent need for action. New York, Inter-American Parliamentary Group on Population and Development". p. 1-5.
- VANDERSLICE, J. and BRISCOE, J. "Environment interventions in developing countries: Interactions and their implications". *American Journal of Epidemiology* 141(2), 135-144.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (1992). "Global health situation and projections". WHO. Geneva. A biennial survey of infectious diseases in the entire world.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (1998) "Rich-poor gap remains in death". Reuters News Service, May 11.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). The world health report 1996: Fighting disease, fostering development. Geneva, WHO, 1996. 143 p.

¿CÓMO PREVENIR LAS INFECCIONES TRANSMITIDAS POR EL AGUA?

Hervir el agua hasta que comience evaporarse y luego beberla o utilizarla para cocinar



Desinfectar el agua colocando 2 gotas de cloro por litro, durante media hora y luego se puede beber



Lavarse las manos después de ir al baño y antes de manipular los alimentos



Dra. María Angélica Mondaca
Víctor Campos A. Biólogo,
Ms.C. (C)
Roberto Sepúlveda Z. (Gráfico)
Departamento de Microbiología
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad de Concepción. Chile



ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA

Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades producidas por el "agua sucia"



La diarrea es una enfermedad transmitida por organismos que viven en el agua y en los alimentos



Algunas de estas enfermedades producen diarreas, vómitos, dolor de cabeza y malestar general



ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA

¿Quiénes transmiten estas enfermedades?



PARÁSITOS



BACTERIAS



VECTORES



VIRUS

ENFERMEDADES TRANSMITIDAS

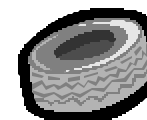
¿Cómo se produce la infección?



Bebiendo agua sin hervir ni clorar



Jugar en lugares con agua estancada



Bañandote en ríos y lagos contaminados



Comiendo alimentos lavados con agua contaminadas

