

PROBLEMAS CAUSADOS POR LOS ORGANISMOS  
EN LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA

3.1. Introducción.

El establecimiento de criterios para la determinación de la potabilidad de las aguas constituye un problema antiguo para el hombre. Hacía mucho tiempo que se reconocía el hecho de que ciertas aguas eran portadoras de enfermedades al hombre, más empero recién en el siglo pasado se relacionó el origen de las enfermedades con la presencia de microorganismos en el agua ingerida. Así es como el famoso cirujano francés del Siglo XVI, Ambroise Paré, dice en un capítulo de su magistral obra que la causa de las enfermedades transmitidas por las aguas estancadas es la presencia en ellas de "animales venenosos, tales como culebras, sapos, gusanos y otros semejantes" y aconseja como potables y buenas para la salud aquellas aguas que no tengan "ningún sabor, olor o color y que sean claras como el aire sereno", que cocinen los alimentos con facilidad, etc., (1). Se sabe que el hombre desde las épocas más remotas procuraba obtener el agua de la mejor calidad y almacenarla en reservorios que protegiesen y mantuviesen su buena calidad, la cual era reconocida entonces, exclusivamente por sus características organolépticas y físicas en general.

Después de las observaciones realizadas por Leeuwenhoek, en las que constató la presencia de seres vivos microscópicos, fué posible asociar la idea de la producción de enfermedades con la existencia de esos seres diminutos y esta labor fué efectuada por varios investigadores a partir de Pasteur y Koch. En 1885 Snow demostró que el cólera puede ser transmitido a través del agua, señalando como la causa de una epidemia surgida en Londres y en la que murieron 521 personas en un área comprendida dentro de un radio de 225 metros (250 yardas), al agua de un pozo que recibía contaminación de desagües y estaba situado en el centro de esa área (2). Sin embargo, los microorganismos causantes de varias de las enfermedades transmitidas por el agua fueron aislados y clasificados mucho más tarde: en 1880 el agente de la fiebre tifoidea, en 1884 del cólera, en 1898 de la disentería y en 1900 el de la fiebre paratífica. Finalmente, a fines del siglo pasado Klein y Houston en trabajos experimentales realizados en Inglaterra, demostraron que diluciones de 1:100, 1:1,000 y hasta 1:20,000 de una muestra de desagües en agua destilada, contenían todavía bacterias como Escherichia coli, Clostridium perfringens (C. welchii) y otras que pueden servir de índice de contaminación fecal, a pesar de que el análisis químico, en esas diluciones, no acusó la presencia de ninguna impureza (3).

Sin embargo, el criterio bacteriológico no basta para la clasificación de un agua. También es indispensable el análisis

sis físico y químico para la demostración de su calidad, sobre todo en la constatación de sustancias tóxicas, así como de compuestos que perjudiquen la calidad estética de las aguas alterando su sabor, color, olor, etc. Finalmente, el análisis hidrobiológico puede revelar la presencia de organismos que de muy distintas maneras pueden afectar las características de potabilidad de un agua, como se verá a continuación. El agua pura (tanto como se pueda) es insípida, por lo cual es deseable que tenga concentraciones limitadas de algunas sustancias que le impartan gusto. Además, existen o deben existir en ella ciertos micronutrientes en solución para complementar a las otras formas de alimentación que no los proporcionan al organismo humano en cantidades suficientes. Por ejemplo, el organismo humano requiere de ciertos iones metálicos en concentraciones sumamente bajas, de 1 mg/l o menos, sin que se haya aclarado todavía cómo proporcionen tan pequeñas cantidades una influencia como la que ha sido comprobada que ejercen en la nutrición y metabolismo humanos. Sin embargo, muchos de los compuestos así como de los microorganismos existentes en el agua deben ser eliminados o controlados a fin de que esa agua pueda ser considerada potable. Los factores principales que pueden transformar un agua en impropia para el consumo son: microorganismos parásitos (tales como: bacterias, virus, protozoarios y gusanos); elementos tóxicos; gusto y olor desagradables; color y turbidez; elementos corrosivos, incrustantes, etc. En este capítulo se estudiarán los microorganismos y cómo ellos interfieren en cada uno de esos factores.

### 3.2. Parasitismo.

Los organismos parásitos, así como los efectos que provoca su carácter parasitario sobre el organismo humano, constituyen materia de dos disciplinas distintas denominadas Bacteriología y Parasitología, las cuales no son objeto de este libro. Sin embargo, dadas las relaciones que existen entre la Hidrobiología y las bacterias, virus, protozoarios y demás organismos parásitos que sistemática o eventualmente pueden ser transmitidos por el agua, se tomarán en cuenta aquí algunas consideraciones sobre las generalidades y ciertos aspectos particulares de la transmisión de dichos organismos.

#### 3.2.1. Virus.

En virtud del hecho de que los virus pueden vivir y reproducirse solamente cuando están en el interior de los tejidos vivos de vegetales y animales, es que son considerados microorganismos parásitos obligatorios. Aquellos que viven a expensas de células de otros microorganismos, como es el caso de los Bacteriófagos, que se reproducen únicamente en el interior de las bacterias destruyéndolas, pueden ser útiles al hombre desempeñando una parte importante en la autopurificación de los cursos de agua. Así es como, antes de que fuesen conocidos los bacteriófagos, Hankin en 1896 ya había demostrado "la acción antiséptica del agua filtrada del río Jumna, (en la India) sobre el vibrión del cólera" (4). Pero, cuando una especie determinada de virus está adaptada a vivir en cé-

lulas de tejidos humanos, entonces ella constituye un peligro sanitario que puede ser de pequeña gravedad, como es el caso de los agentes causantes de las gripes comunes, de mediana gravedad como en el caso de los que producen el sarampión, las paperas y la hepatitis infecciosa, o de alta gravedad como cuando producen la viruela, la poliomielitis, etc. Algunos de estos virus son o pueden ser eventualmente transmitidos por las aguas, particularmente los enterovirus, que contaminan por vía digestiva.

Aunque quizás el agua no constituya el vehículo natural, pero se ha demostrado que puede ser transmitida por ella la hepatitis infecciosa, y se sospecha que también lo sean la poliomielitis y otras enfermedades. Estos y otros enterovirus se encuentran en las heces humanas en números tan grandes como 100,000 por gramo de heces (5) y están presentes en los desagües así como también en las aguas polucionadas por ellas, donde pueden sobrevivir por lapsos de tiempo superiores a los 400 días (6) (7). Siendo así, aunque no existan evidencias de la transmisión por el agua de los Adenovirus, Coxsackie, "Echo" virus, etc., ello parece más bien que se debe a la falta de datos e informaciones clínicas sobre las enfermedades mismas causadas por ellos que a la imposibilidad de esa transmisión.

#### 3.2.2. Bacterias.

Con toda seguridad, varias enfermedades de origen bacteriano se han asociado a los abastecimientos de agua. Entre ellas, algunas de carácter epidémico como el cólera y la fiebre tifoidea que diezmaron poblaciones enteras en épocas pasadas. También son muy conocidas las disenterías y diarreas bacilares que son causadas por parásitos que con frecuencia son transportados por las aguas que reciben contaminación fecal. Varias especies de bacterias del género Shigella son conocidas como agentes de las disenterías bacilares. La enfermedad se puede adquirir solamente por vía digestiva, y el enfermo o convaleciente elimina los bacilos en gran número con los desechos fecales. Siendo así, la ingestión de alimentos o de agua que hayan tenido contacto con las heces humanas constituyen el vehículo natural de la enfermedad. Las diarreas, que provocan una condición menos grave y menos aguda que la disentería, también pueden ser causadas por bacterias ingeridas con el agua constituyendo así la enfermedad más frecuentemente relacionada con ese vehículo. Varias especies de bacterias pueden ser responsables de la diarrea: Pseudomonas aeruginosa, Proteus vulgaris, y aún en ciertos casos el Escherichia coli y el Clostridium perfringens, que existen normalmente en el intestino humano como simples simbiontes. Además, se tienen las diarreas causadas por bacterias productoras de toxinas, en cuyo caso, vienen acompañadas con otros síntomas de intoxicación aguda. En aguas de abastecimiento, algunas de esas bacterias anaerobias pueden encontrarse en las masas de material en putrefacción, especialmente de ciertas algas.

La fiebre tifoidea es causada por bacterias del género Salmonella que también son transmitidas por el agua. La incidencia de esta enfermedad se ha reducido sensiblemente en to-

do el mundo, debido a que se puede obtener una mejor calidad de agua mediante un tratamiento y sobre todo de una desinfección con cloro. Lo mismo se puede decir con relación a la fiebre paratífica, producida por otra especie de Salmonella que igualmente infecta por vía digestiva, y que es eliminada con las heces fecales. Finalmente, el cólera asiático o simplemente el cólera, es producido por una bacteria de tipo vibrión, el Vibrio comma, que debido a la tasa alta de mortalidad que provoca es considerada la enfermedad más importante de las transmitidas por el agua (2).

### 3.2.3. Algas.

Se han encontrado algas del género Chlorella o Chlorococcum asociados a hongos parásitos en algunos casos de lesiones micóticas humanas en los pulmones, región perirenal, etc. (8). Sin embargo, el papel desempeñado por ellos en las lesiones no fué determinado. Por otro lado, se conoce algas que parasitan a los peces (9) y a los invertebrados (10). Además, existen varios invertebrados que tienen en el interior de su organismo algas en asociación simbiótica.

### 3.2.4. Protozoarios.

El agua también puede transmitir la disentería amebiana causada por la Entamoeba histolytica. El caso más conocido y tal vez de mayores proporciones fué el registrado durante la exposición de la Feria de Chicago en 1933, en dos hoteles que recibían aguas contaminadas, y 1,409 personas fueron parasitadas con ese protozoario, de los cuales 98 fueron fatales (2). Los quistes de Entamoeba histolytica son muy resistentes a las condiciones del medio, así como al tratamiento de las aguas y se mantienen con capacidad infectante aún después de varios días de haber sido eliminados por el huésped. También hay otros protozoarios que pueden ser transmitidos por el agua. Así, la Giardia lamblia que provoca diarreas y el Trichomonas hominis que puede ser responsable de disturbios intestinales (11).

### 3.2.5. Gusanos.

Varias helmintiasis pueden ser transmitidas por el agua. En el Brasil, una enfermedad que cada vez va adquiriendo mayor importancia es la llamada esquistosomiasis, producida por el Schistosoma mansoni, cuyo ciclo biológico se realiza en parte dentro del agua y en parte dentro del interior de huéspedes intermediarios que son los caracoles acuáticos del género Australorbis. La larva de cola bifurcada, que es eliminada por el molusco, se denomina cercaria y nada libremente en el agua hasta encontrar al huésped definitivo que es el hombre, introduciéndose en él a través de la piel o de las mucosas, inclusive de la mucosa bucal si se bebe esa agua. El hombre elimina los huevos del gusano juntamente con las heces fecales, los cuales son arrastrados por los desagües hasta llegar a un curso de agua; en él evolucionan dando origen a larvas ciliadas que son las que invaden el organismo del Australorbis. Es así como es indispensable la presencia de caracoles de deter-

minadas especies en el agua, para que se complete el ciclo que da origen a la forma larvaria capaz de reinfectar al hombre. Esta helmintiasis es grave, generalmente incurable, y puede asumir características diferentes de acuerdo con la localización del gusano adulto dentro del interior del organismo humano. Otros gusanos semejantes al Schistosoma, como la Fasciola hepática, son generalmente parásitos de los animales herbívoros pero pueden eventualmente infectar al hombre cuando bebe aguas contaminadas.

La Taenia solium o "solitaria" infecta al hombre, generalmente se alimenta con carne de cerdo mal cocinada y la cual contiene formas larvarias del parásito, denominadas cisticercos; sin embargo, el hombre puede contaminarse directamente ingiriendo los huevos con las aguas polucionadas. En el primer caso, se origina la enfermedad llamada cisticercosis que tiene características muy graves ya que las larvas de la taenia pueden localizarse en puntos vitales, como por ejemplo el cerebro, causando lesiones nerviosas a veces fatales. El hombre que lleva una solitaria en sus intestinos (que adquirió al comer carne de cerdo que contenía larvas) elimina gran número de huevos con las heces fecales. Esos huevos pueden ser conducidos por los desagües hasta las aguas usadas para abastecimiento. Otros gusanos parásitos intestinales, del mismo grupo de las taenias pero de mucha menor importancia, son los de la especie Himenolepis nana, que también pueden ser eventualmente transmitidos por el agua.

Entre los gusanos nemátodos, que pueden ser transmitidos por el agua, están el Ascaris lumbricoides, parásito intestinal, cuyos huevos son eliminados por el huésped juntamente con las heces fecales pueden llegar hasta el agua y ser ingeridos; el género Trichocephalus, cuya transmisión se realiza de manera idéntica; los géneros Ancylostoma y Necator, que provocan la anquilostomiasis e infestan al hombre bajo la forma de larvas y no de huevos, que penetran perforando la piel o bien al ser ingeridos con el agua polucionada, completando de la misma manera su ciclo biológico. También se puede citar el género Dracunculus, que, como el Schistosoma, es un parásito cuyo ciclo biológico se encuentra obligatoriamente ligado a las aguas de abastecimiento porque tiene una fase larval en la que necesariamente debe parasitar a un crustáceo de agua dulce, del género Cyclops, el cual al ser ingerido por el hombre le transmite el parásito. Las larvas arrojadas por las formas adultas de los gusanos, no son eliminadas por el hombre por la vía intestinal, sino directamente a través de la superficie cutánea por orificios semejantes a tumores que el parásito produce en la piel de los brazos o de las piernas del huésped.

### 3.3. Toxicidad.

Evidentemente no se puede admitir la presencia de toxinas en el agua en dosis que puedan ejercer efectos fisiológicos nocivos sobre el hombre. Se debe recordar que el agua po-