

CONTROL DE ORGANISMOS EN LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO

4.1. Introduccion.

Es frecuente interpretar la expresion "control de microorganismos" como la actividad que va a eliminar sumariamente todos los microorganismos que habitan en las aguas destinadas al consumo publico. Sin embargo, tal interpretacion es falsa y puede llevar al tecnico en tratamiento de aguas a cometer graves errores en la orientacion de su trabajo. Los microorganismos no son necesariamente seres nocivos a la salud publica o al tratamiento del agua; por el contrario, pueden ser en ciertos casos de gran interes economico y aun sanitario en las aguas naturales. Asi es como, una de las mayores utilidades que tiene el estudio de la hidrobiologia esta en su aplicacion a la piscicultura: las estaciones biologicas de piscicultura realizan estudios de investigacion sobre los microorganismos acuaticos, no con la finalidad de destruirlos, sino por el contrario, para descubrir los medios de aumentar su numero ya que ellos constituyen la fuente principal de la alimentacion de los peces. Ademais, se sabe que los organismos vegetales fotosintetizantes producen oxigeno, que es de interes no solo para la respiracion de los animales acuaticos sino tambien para la oxidacion bioquimica de la materia organica, la estabilizacion de los desagues y mejorando mucho las caracteristicas del agua potable, tornandola inclusive mas agradable al paladar. Es indiscutible el papel preponderante que desempeñan los microorganismos tales como las bacterias, protozoarios, algas y posiblemente los hongos, en la depuracion natural o artificial de los desagues.

Sin embargo, junto a los beneficios estan algunos perjuicios, a veces bastante serios, que pueden ser causados por los microorganismos cuando estos son parasitos o siempre que sobrepasen de un cierto numero por unidad de volumen de agua en una fuente. Entre ellos, se puede citar la transmision de enfermedades, la produccion de sabor y olor desagradables, disturbios que causan en el tratamiento, etc. Hay casos en que es necesario establecer un control riguroso de su desarrollo para impedir que sobrepasen de un cierto valor, procurando mantenerlos en equilibrio biologico. En cualquier ambiente natural, inclusive el agua, cada organismo se halla sujeto a la accion del medio quimico y a la de los otros organismos. De esa manera su desarrollo se encuentra limitado por las condiciones ambientales. Si por cualquier razon, fuera eliminado uno de los factores inhibidores o elevada la concentracion de uno de los factores limitantes del crecimiento de determinado microorganismo, se verificaria un aumento en el numero de este, como resultado consiguiente de la quiebra del equilibrio biologico. Por otro lado, la elevacion de un factor inhibidor o la reduccion de un factor en minimo, puede determinar el desaparecimiento o por lo menos una reduccion numerica significativa del organismo indeseable. Los procesos de control que se basan en la reduccion, en la fuente, de las sus-

tancias nutritivas y demás elementos indispensables para el desarrollo de los organismos, reciben la denominación general de procesos de control preventivo; mientras que aquellos que utilizan la aplicación de sustancias inhibitoras, generalmente tóxicas a los organismos que se pretende eliminar, son llamados procesos de control correctivo (1).

#### 4.2. Control Preventivo.

Los organismos que causan problemas en los abastecimientos de agua podrían ser divididos en dos grupos, según su origen en el cuerpo de agua. El primer grupo estaría constituido por aquellos que son introducidos en las aguas de abastecimiento por medio de los desechos que contienen deyecciones humanas, es decir, que generalmente son transportados por las heces y productos de excreción los que, a su vez, son conducidos por los desagües hasta las aguas. De ellos, los que tienen una gran importancia sanitaria son los microorganismos contaminantes, tales como ciertas bacterias patógenas, enterovirus, algunos hongos, protozoarios y gusanos parásitos, etc. El segundo grupo sería el constituido por los organismos que se originan en la propia fuente, a partir de la reproducción activa y rápida de los organismos que ahí encuentran un ambiente favorable para su desarrollo.

##### 4.2.1. Organismos Patógenos.

Ya que los organismos patógenos no proliferan, a no ser excepcionalmente, en el agua en condiciones de vida libre, su control preventivo en las fuentes consiste en evitar la introducción de desechos que puedan servir de vehículo a los mismos. Esto es posible, hasta cierto punto, mediante la rigurosa fiscalización contra la polución, levantamientos sanitarios, tratamiento de desechos, etc. La posibilidad de la presencia de organismos patógenos en un agua, se determina, indirectamente, mediante el índice de coliformes, porque los organismos de ese tipo, especialmente los de la especie Escherichia coli, son característicos de la presencia de heces humanas (y de animales superiores) y su presencia en el agua revela la probable existencia de microorganismos intestinales patógenos, tales como bacterias, virus, protozoarios, gusanos.

Sin embargo, los organismos coliformes, como ya se discutió en capítulos anteriores, normalmente no causan enfermedades. Existen en gran cantidad en el intestino humano (eventualmente junto con organismos patógenos) y son, en general, más resistentes a las condiciones ambientales existentes en el medio externo que aquellos que causan enfermedades. Se admite pues, que las aguas que contienen una concentración no muy elevada de coliformes puedan no ser nocivas para beber. La concentración límite, establecida por el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, a través de su llamado "Treasure Standards", es de 1 coliforme, como máximo, por 100 ml. de agua, en promedio, no excediendo de 6 por 100 ml.

en más del 5% del total de muestras analizadas, para que esa agua se pueda beber sin tratamiento. Se ha comprobado que muy rara vez ocurren casos de molestias gastro-intestinales en poblaciones que se abastecen con aguas que obedecen a esas normas.

La frecuente existencia de números peligrosos de coliformes en las aguas empleadas para abastecimiento público o privado resulta del doble uso que, casi obligatoriamente se hace de los cursos de agua. En efecto, el río que atraviesa una ciudad se utiliza tanto como fuente de abastecimiento como para disposición final de los residuos de toda especie, y son raras las ciudades que disponen en sus alrededores de cabecezas de ríos en regiones montañosas, protegidas por bosques espesos; más frecuente es el caso de una sucesión de ciudades o de poblaciones que utilizan para su abastecimiento los desagües diluidos procedentes de otra ciudad situada aguas arriba (2).

Medidas sanitarias preventivas pueden y deben ser adoptadas en el sentido de proteger las fuentes contra la polución. Tales medidas deben ir desde la fiscalización contra el lanzamiento "in natura" de los desagües domésticos hasta medidas que impidan la infiltración de dicho material cuando proceden de fosas negras, lo que puede saturar en una extensión grande el suelo adyacente a una fuente, con agua polucionada. El estudio de una fuente, como probable abastecimiento de agua, debe estar siempre precedido de un levantamiento sanitario que incluya, además del recuento de coliformes y otras determinaciones biológicas y químicas que determinen la calidad del agua, algunos datos respecto a (3) las: características del suelo que rodea a la fuente, anotándose las áreas de drenaje cultivadas, los matorrales y los pastos; ubicación y densidad de las poblaciones, procedimientos utilizados para disponer de los restos polutantes, como son los desechos industriales, alejar la ubicación de los ferrocarriles, etc.; localización y características de cualquier sistema de eliminación de desechos tratados o no; existencia y características de la práctica de deportes náuticos, pesca, natación. Si se trata de aguas subterráneas, se debe conocer los datos referentes a la naturaleza geológica del terreno, sobre todo en lo que respecta a su permeabilidad, existencia de fisuras, galerías calcáreas, etc.

En la construcción de un reservorio de almacenamiento para abastecimiento de agua, también se deben tomar algunas precauciones con miras a impedir una contaminación futura con microorganismos patógenos de las aguas represadas (4): someter al personal empleado en las obras e instalado dentro de la cuenca (inclusive sus familiares) a exámenes coprológicos y otros que puedan evidenciar eventuales parasitosis intestinales, especialmente producidos por el Schistosoma y otros; ubicar los campamentos del personal a más de 100 metros aguas abajo de las márgenes del futuro lago, con instalaciones sanitarias de esos campamentos; evitar la presencia de animales

de tracción y otros en la cuenca a ser inundada. Después de construídas, esas fuentes deberán tener fácil acceso a todo su contorno de modo que permita la inspección constante, evitándose en esa zona la práctica de la cacería, la pesca u otras actividades recreacionales a no ser que estén perfectamente reglamentadas con disposiciones que garanticen la seguridad sanitaria de la fuente.

En algunos casos, se deben tener cuidados especiales no sólo con respecto a la introducción de organismos patógenos en el agua, sino principalmente al desarrollo de organismos que sirven de huéspedes intermediarios y por lo tanto constituyen vehículos obligatorios de parásitos. Por ejemplo, ese es el caso de los caracoles transmisores de la bilharziasis, parasitosis que es producida por el Schistosoma y que, sin embargo, parasita al hombre solamente después de haber pasado por una etapa larval en el interior de los moluscos planorbídeos. El control preventivo de éstos se realiza sobre todo mediante la limpieza de las márgenes de los lagos o ríos planos, eliminando lo más que se pueda la vegetación emergente.

Los procesos de naturaleza física y química que se llevan a cabo en un curso de agua y que son responsables del fenómeno de la autopurificación actúan también sobre los organismos patógenos, destruyéndolos en gran proporción. Esos procesos son principalmente (3):

a) Sedimentación.— Experimentos realizados han demostrado que un 90% de las bacterias coliformes son eliminadas en 24 horas, por simple decantación. Este fenómeno se puede acelerar grandemente cuando el medio es rico en partículas en suspensión o sustancias coloidales que se precipitan hacia el fondo, arrastrando consigo a las bacterias. Ese es uno de los factores de importancia en los represamientos y que hace que las aguas de los reservorios acusen algunas veces índices de coliformes inferiores a los del río antes de su represamiento. La sedimentación es de gran importancia en el control natural de los huevos de gusanos, quistes de protozoarios, parásitos, etc.

b) Antagonismo entre diferentes microorganismos.— Muchos microorganismos, especialmente los protozoarios, se alimentan de bacterias y a veces son incapaces de proliferar en un medio que no las contenga en gran número. Entre otras cosas, se ha observado que la proliferación de bacterias en aguas que reciben desechos orgánicos, es seguida inmediatamente, en el tiempo y en el espacio, de un aumento enorme del número de protozoarios que, a su vez, provocan una disminución del número total de bacterias, a pesar de que éstas comienzan a reproducirse con mayor intensidad y rapidez. Otros organismos son los virus bacteriófagos que son sus parásitos típicos y las algas, que ya sea por la oxidación que producen o por la producción de sustancias antibióticas como la clorelina, etc.

c) Luz.— Es bien conocido el efecto germicida de ciertos tipos de radiaciones luminosas, sobre todo los rayos ultravioleta. Sin embargo, las ondas de esa longitud de onda tienen un pequeño poder de penetración, siendo fácilmente retenidas por factores como color y turbidez que disminuyen la transparencia de las aguas. Sin embargo, se ha demostrado la influencia de la luz en la destrucción de las bacterias hasta más allá de un metro de profundidad.

d) Temperatura.— La elevación de la temperatura del agua, entre 0° y 37°C provoca, en general, una disminución del número de bacterias, ya sea porque constituye un factor de reducción en el grado de viscosidad del agua, lo que permite una sedimentación más rápida, o ya sea porque causa un aumento en la actividad metabólica de las bacterias haciéndolas susceptibles más rápidamente a la destrucción por efecto de factores tóxicos, etc.

e) Oxidación.— La oxidación es un factor de gran importancia en la destrucción, sobre todo de organismos de vida anaerobia, como son en general, los patógenos intestinales. La oxigenación del agua, ya sea por reaireación a partir del oxígeno de la atmósfera en aguas agitadas, o ya sea por fotosíntesis, desempeña un papel importante en la destrucción de organismos patógenos.

f) Otros Factores.— Además, tienen importancia en la reducción del número de organismos, las variaciones de la presión osmótica, los efectos causados por la dilución con aguas libres de microorganismos, etc.

#### 4.2.2. Organismos Perjudiciales a la Calidad de las Aguas.

Los organismos que crecen, se desarrollan y se reproducen en el agua, pueden ser controlados mediante la limitación de las fuentes de nutrición y demás elementos indispensables para su vida. Se les puede considerar dentro de dos grupos diferentes, de acuerdo con sus exigencias nutricionales: los organismos de vida heterotrófica y los organismos autótrofos, los cuales estarán controlados por la limitación de la materia orgánica y de las sustancias minerales, respectivamente.

##### 4.2.2.1. Organismos Heterótrofos.

El control de los organismos que se nutren de materia orgánica se hace impidiendo el enriquecimiento del medio, ya sea por medio de desechos orgánicos, especialmente desagues, o bien sea mediante la actividad sintetizante de los organismos autótrofos y, en este último caso, se entra el control de los organismos autótrofos que se discutirá adelante. Además, contribuyen al enriquecimiento del medio en materia orgánica, la vegetación marginal, así como también el drenaje de las tierras abonadas o pantanosas, etc. Otro medio para controlar a los organismos heterótrofos, sobre todo aquellos

que tienen mayores exigencias de oxígeno, es mediante la reducción de la cantidad disponible de ese gas disuelto en el agua. Un caso típico lo constituyen las larvas de los mosquitos simúlideos, o "inflados" que viven solamente en cascadas o en aguas muy agitadas, las cuales les suministran grandes cantidades de aire disuelto. La simple reducción de la velocidad de esas aguas es, muchas veces, suficiente para impedir o limitar el desarrollo de esos insectos.

Las aguas tratadas, particularmente aquellas que son ricas en sales minerales, cuando se las mantiene en reservorios de distribución abiertos o iluminados, pueden dar origen a la proliferación de algas las cuales, a su vez, enriquecen el medio en materia orgánica que puede servir de alimento a las bacterias las cuales provocan su descomposición así como a los hongos, protozoarios, microcrustáceos, gusanos, larvas de insectos, etc. alterando la calidad del agua porque pueden causar fenómenos de sabor, olor, turbidez, etc. De ese modo, es que indirectamente, la luz y las sales minerales pueden constituir causa del desarrollo de organismos heterótrofos en las aguas. Ese fenómeno se observa también con frecuencia en las fuentes de abastecimiento después de un tratamiento con algicidas lo que causa una destrucción en masa de las algas. El cubrir o tapar los reservorios de distribución o domiciliarios, además de impedir la penetración de la luz es útil, en muchos casos, porque dificulta el acceso de insectos, tales como los quironómidos y otros que, al depositar sus huevos sobre la superficie de las aguas, dan origen a la formación de gran número de larvas (5), que a veces son perjudiciales para la calidad del agua potable.

#### 4.2.2.2. Algas y otros Organismo Autótrofos (1)

Los elementos indispensables para la vida de los organismos autótrofos, en particular de los fotosintetizantes, son el anhídrido carbónico, las sales minerales y la luz. Por consiguiente, su desarrollo en un agua de abastecimiento se puede limitar mediante el control del acceso de algunos de esos elementos a la fuente.

##### 4.2.2.2.1. Anhídrido Carbónico.

Es muy difícil, si no imposible en la mayoría de los casos, controlar la concentración del anhídrido carbónico disuelto en el agua. En general, proviene de la misma atmósfera o se forma como resultado de las reacciones de la oxidación de la materia orgánica, ya sea en el agua misma, o bien en el suelo que es atravesado por las aguas de lluvia. Las aguas en las que existe gran actividad de microorganismos heterótrofos, como es el caso de las que reciben desechos orgánicos de cualquier naturaleza, son especialmente ricas en este compuesto. Además, en el agua, pueden constituir fuentes minerales de anhídrido carbónico, los bicarbonatos que están en solución, los cuales pasan a la forma de carbonatos insolubles cuando la proporción de ese gas libre en el agua cae por debajo de una cierta concentración de equilibrio.

#### 4.2.2.2.2. Sales Minerales.

Los organismos vegetales exigen la presencia de algunas sales minerales, en pequeñas concentraciones, como fuentes de elementos que entran en la composición de las moléculas complejas que las constituyen, juntamente con el carbono, hidrógeno y oxígeno que obtienen del anhídrido carbónico y del agua misma. Esos elementos son, principalmente: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, fierro, azufre y otros en menor cantidad. También son requeridas algunas otras sustancias en cantidades infinitamente pequeñas, siendo denominadas micronutrientes. Además, hay ciertos organismos que tienen exigencias especiales; como las diatomeas que necesitan sílice, el que se encuentra generalmente en la forma de silicatos coloidales, siendo causa de la turbidez en las fuentes de agua. El género Anabaena se desarrolla mejor en aguas que contienen mayores concentraciones de calcio y de nitrógeno del que también es ávido. Pero, cuando el agua es rica en este último elemento pero pobre en calcio, se desarrolla el Microcystis en lugar del anterior (6). En general, se puede decir que el nitrógeno en primer lugar, el fósforo en segundo y en algunos casos el potasio, constituyen los factores limitantes para el desarrollo de las algas así como también de otros vegetales clorofilados en las fuentes de agua potable.

La fuente de esos elementos puede ser la erosión del suelo; el drenaje de las aguas de irrigación, sobre todo cuando las tierras han sido enriquecidas con abonos minerales u orgánicos; el drenaje de terrenos pantanosos; desagües o efluentes de plantas de tratamiento; desechos de cierto tipo de industrias, etc. Los abonos minerales, estando destinados a la fertilización de las tierras para la producción de vegetales, son especialmente ricos en todos aquellos elementos, incluyendo los micronutrientes que hacen posible un mejor desarrollo de los organismos autótrofos. Los abonos orgánicos, así como también los desagües y aún toda clase de residuos orgánicos, vegetación de las márgenes que al morir cae dentro de las aguas, etc., son oxidados por acción bacteriológica, formando compuestos minerales ricos en nitrógeno, fósforo, potasio, etc. Por esta razón, los mismos efluentes de las plantas de tratamiento de desagües constituyen una fuente riquísima en esas sustancias. Además, generalmente algunas otras sustancias son transportadas por los desechos, enriqueciéndolos aún más. Como sucede con los detergentes del tipo A B S (alquil benceno sulfonatos) que son una fuente importante de fósforo y que vienen siendo utilizados cada vez más para fines domésticos e industriales, siendo después conducidos por los desagües, constituyen al mismo tiempo, una de las fuentes de fósforo más difíciles de eliminar mediante el tratamiento (7). Las mismas algas, al morir, se convierten muchas veces, en fuente de sales minerales y de micronutrientes que favorecen el desarrollo posterior de otras especies. Este hecho es especialmente importante en el caso de algunas algas verdeazuladas que son capaces de fijar el nitrógeno del aire, enriqueciendo el medio en ese elemento (8).