

absorbente, lo que explica el aumento que se registra en la eficiencia de los filtros después de que ha transcurrido un período de tiempo desde que fueron puestos en actividad. Además, cuando hay algas, ellas producen oxígeno durante el día que sirve de elemento purificador del agua ayudando en la oxidación de la materia orgánica, de compuestos odoríferos y en la destrucción de las bacterias anaerobias. Mientras que, en los filtros rápidos la importancia de la capa biológica es muy reducida debido al tiempo corto de contacto que hay entre el agua y los elementos filtrantes y a la frecuencia de su lavado que remueve constantemente la película de microorganismos que se forma sobre los granos de arena. En ellos la filtración es eficiente gracias a la presencia de los flocs de coagulante, que viene de los sedimentadores y se acumulan en la superficie del lecho filtrante, ocupando los intersticios entre los granos de arena, formando un falso "Schmutzdecke" (38).

Por otro lado, la acumulación de un gran número de organismos, sobre todo los muertos, sobre la superficie de los filtros puede ser perjudicial porque disminuye la velocidad de filtración de los mismos. Además, la formación de gases en abundancia puede originar el levantamiento de agregados de materia orgánica que contienen granos de arena, provocando perforaciones a través del lecho filtrante y haciendo que la filtración sea menos eficiente. El aumento del número de microorganismos que ocurre en ciertas épocas del año o después de la formación de un embalse (sobre todo el primer año después de construída la represa), origina a veces reducciones muy grandes en el intervalo entre dos lavados, obligando a lavados mucho más frecuentes. En una estación de tratamiento de agua de Baltimore, Maryland, E.U.A., después del represamiento del río utilizado como fuente de abastecimiento, el número promedio de algas aumentó de 211 por mililitro a 4,724 por ml, habiendo sido necesario acompañar esa alteración de una reducción en el intervalo entre lavados, de un promedio de 49.8 horas con un máximo de 100 horas, a un promedio de 25.5 horas con un máximo de 37 horas (29).

Los principales géneros señalados como responsables por la obstrucción de los filtros pertenecen al grupo de las diatomeas, debido al hecho de que sus células se encuentran revestidas de un caparazón silíceo que no se destruye después de la muerte de las mismas. En una planta de tratamiento de Chicago, Illinois, E.U.A., que tiene 80 filtros, en ciertas épocas, hay que hacer hasta 300 lavados por día con intervalos de apenas cinco horas. En esas épocas se observan más de 10 millones de organismos por centímetro cuadrado de superficie del lecho filtrante, con predominancia de las diatomeas de los géneros Tabellaria, Melosira, Asterionella, Fragilaria y Nitzschia (31). A esta lista se puede agregar el género Synedra, que con frecuencia alcanza concentraciones de millares de células por mililitro de agua, obligando a lavar los filtros a intervalos tan cortos como de 15 en 15 minutos! (37). Esas obstrucciones son a veces la causa de que se cambie la arena de los filtros después de períodos relativamente cortos de operación, tales como de 2 años. El lavado superficial, a pe-

sar de que constituye un buen auxiliar para el mantenimiento de las condiciones de buen funcionamiento del filtro, no es eficaz en la remoción de las algas que lo perjudican (32).

3.5.2. Influencia de Otros Organismos en el Color y la Turbidez.

También otros microorganismos, además de las algas, pueden provocar turbidez y color en las aguas. Muchas veces se encuentran en el agua crustáceos, tales como Cyclops y Dafnia, en números suficientemente grandes como para ser vistos a simple vista y produciendo por lo tanto turbiedad. Esto también puede ocurrir en el agua tratada; así, esos microorganismos al ser retenidos por los filtros, producen huevos que atraviesan por entre los granos de arena hasta llegar al sistema de distribución (36) donde se desarrollan. La retención de gran número de esos organismos y de otros grupos de animales puede causar obstrucción de los filtros y reducción en el intervalo entre lavados. Así, se tiene conocimiento de obstrucciones causadas por Cyclops y Dafnia; nemátodos (Ironus, Mononchus, Tripyla); larvas de insectos (quironómidos); celenterados del género Hydra y el único género con forma de medusa encontrado en aguas dulces, Craspedacusta. También se han encontrado en los filtros, briozoarios en gran cantidad pero sin producir propiamente obstrucción (31) (29). En una de las plantas de tratamiento de agua de la ciudad de Sao Paulo, Brasil, así como también en una de las plantas de la ciudad de Porto Alegre, Brasil, se encontró un gran número de larvas de los mosquitos del grupo de los caoboríneos. También se deben mencionar las bacterias que oxidan el fierro y el manganeso y que indirectamente provocan alteraciones en el color de las aguas. Este es un hecho que tiene particular importancia en los casos de abastecimiento de agua a partir de pozos. El fierro que contienen esas aguas proviene de la actividad oxidante de bacterias autotróficas, tales como Crenothrix, Leptothrix y Gallionella, que obtienen la energía necesaria para la síntesis, de la transformación del fierro ferroso en férrico, el cual no es soluble y da una coloración pardo-rojiza al agua. Últimamente estos problemas se han solucionado mediante la inyección de cloro en el suelo que circunda al pozo (39).

3.6. Otros Problemas que Pueden ser Causados por los Organismos en las Aguas de Abastecimiento.

3.6.1. Algas.

Además de los problemas mencionados anteriormente, las algas pueden, en condiciones específicas, causar otros problemas entre los que merecen destacarse:

3.6.1.1. Floración.

La floración es un fenómeno provocado principalmente por las algas de tipo planctónico, las que en ciertas circunstancias llegan a formar grandes masas. Tal es el caso de algunas

algas verdeazuladas que cuando envejecen forman pseudovacúolos gaseosos en el interior de sus células, disminuyendo así de densidad y formando verdaderas islas flotantes o alfombras de algas que cubren grandes extensiones de agua. A veces esas masas pueden ser disgregadas por el viento y acumuladas en las ensenadas de los lagos, junto a las márgenes, donde se descomponen causando un mal olor fuerte. Además, de su descomposición, pueden originar fenómenos de intoxicación como ya se describieron en capítulos anteriores, y consumo del oxígeno disuelto, lo cual puede provocar la muerte de peces en gran escala, por asfixia. Aún cuando no entren en descomposición, la demanda respiratoria de las algas puede ser muy grande debido a su número elevado y por la noche cuando cesa la producción de oxígeno por fotosíntesis, se puede producir la asfixia de los peces en áreas limitadas. La formación de floración de algas en los puntos próximos a la toma del agua para abastecimiento, generalmente es causa de problemas relacionados con la elevación del pH, la producción de gusto y olor, así como también de liberación de toxinas en el agua. El control se hace difícil después que las algas han alcanzado ese grado de desarrollo, porque su destrucción en masa por acción de un algicida puede agravar las condiciones existentes, sobre todo en lo que se refiere a la solubilización de sustancias odoríferas y tóxicas.

3.6.1.2. Algas que se Fijan a las Paredes de los Reservorios.

Muchas algas requieren de un substrato sólido sobre el cual viven fijadas. Algunas de ellas son unicelulares, coloniales, filamentosas o aún arborescentes. En los lagos y ríos cubren la superficie externa de pedazos de piedra, ramas o también viven sobre el lodo fino de las márgenes. En los reservorios de cemento, sobre las paredes húmedas de los ladrillos, en los canales, etc., a veces forman un revestimiento verde que puede ser gelatinoso y escurridizo -el limo- o en forma de tufo con filamentos largos como "cabellos verdes". Esas formaciones no tienen gran significado cuando están en estado incipiente, pero cuando alcanzan un desarrollo abundante pueden crear problemas. Los tufos filamentosos que crecen en las paredes de los sedimentadores a veces se desprenden y van a caer sobre la superficie de los lechos filtrantes obstruyéndolos (40) (9). Además, esas algas pueden elevar el contenido de materia orgánica del agua, contribuir a la producción de gusto y olor y favorecer el desarrollo de otros tipos de organismos. Un alga particularmente nociva es la del género Cladophora. Con respecto a ella, es muy citado el caso del lago Erie en el Canadá, en el que dichos organismos se desarrollaron en gran número debido a la fertilización de las aguas por adición de desechos. Llegaron a formarse grandes depósitos de ella en las márgenes produciendo un olor séptico de tal manera intenso y desagradable que impedía la utilización de esas playas por sus propietarios, ya sea para fines residenciales, recreativos o profesionales (41). Las algas cuyas células están envueltas por sustancias gelatinosas, como las algas verdeazuladas, dan origen a la formación de cos-

tras de limo, las que además de obstruir las canalizaciones y presentar otros inconvenientes, protegen a las bacterias del agua contra la acción desinfectante del cloro.

3.6.1.3. Corrosión.

Hay varios géneros de algas que favorecen la corrosión de piezas y tubos de concreto armado y ya se ha demostrado el papel de las algas del género Oscillatoria, en la corrosión de secciones de tubos de acero que fueron expuestas a la luz. La corrosión causada por las algas puede ser tanto por la acción directa de ellas como por la modificación química del medio. El ácido carbónico, el silícico y el oxálico que producen las algas, pueden intervenir en el proceso de corrosión, así como también la producción de oxígeno que puede oxidar el revestimiento del tubo de acero. Asimismo, se ha observado que las columnas de concreto armado, en su parte sumergida, se vuelven friables debido al desarrollo de costras de algas. El proceso de corrosión se interrumpe si se eliminan esas costras (9).

3.6.1.4. Las Algas y las Industrias de Papel.

El mucílago segregado, especialmente por las algas verdeazuladas, juntamente con las células de ellas que se desarrollan en la superficie del agua que sirve de abastecimiento a industrias de papel, puede ser causa de diferentes daños a la calidad del producto elaborado, tales como manchas, mal olor y otros defectos que dan mal aspecto al papel (42).

3.6.1.5. Algas Presentes en Aguas Tratadas.

Por lo general, un filtro en buenas condiciones de operación no llega a eliminar el 90 por ciento de las algas presentes en el agua. Siendo esto así, un cierto número de microorganismos puede pasar a través de los filtros y acumularse en el fondo de los reservorios de distribución, en el interior de las canalizaciones o en las cajas domiciliarias de agua. A veces puede resultar la producción de mal olor en las aguas debido a su descomposición, a pesar de que, en general, la cantidad de algas presentes en la red no llega a ser suficiente para producir mayores inconvenientes, sobre todo cuando se lavan los reservorios periódicamente para remover el lodo sedimentado. Rajaduras en el lecho filtrante, etc., determinan malas condiciones de filtración, permitiendo que los microorganismos pasen en grandes números al sistema de distribución, donde mueren y se descomponen provocando los inconvenientes ya citados anteriormente. Sobre todo en el caso de algas verdeazuladas que, por descomposición anaerobia pueden dar origen a productos tóxicos, se deben tomar las medidas adecuadas para prevenir la eventual posibilidad de su acumulación en los reservorios de distribución, cajas domiciliarias y aún en el interior de las tuberías. Por otro lado, algunas especies de algas de los géneros Scenedesmus, Euglena, Microcystis, Coccolobastrum y Chlorococcum son capaces de crecer en la oscuridad. En algunas ciudades, todavía se acostumbra usar reservorios de

distribución descubiertos. Esta costumbre tiene el inconveniente de favorecer el crecimiento de algas en un agua que ya ha sido tratada, enriqueciéndola con materia orgánica y haciéndola susceptible a todos los inconvenientes que su presencia origina, sobre todo en el caso de aguas ricas en sales minerales. Entre las algas que, de un modo u otro, pueden desarrollarse en las aguas tratadas, tienen especial importancia aquellas que son resistentes a la acción del cloro residual como la Chlorella, Closterium, Cosmarium y ciertas especies de Gomphosphaeria. Ellas se presentan envueltas en un mucílago que sirve de protección a las bacterias, incluso las patógenas, que se adhieren a él para tener un medio de transporte (9).

3.6.2. Otros Organismos.

3.6.2.1. En los Sistemas de Distribución.

Además de algas se pueden encontrar muchos otros tipos de microorganismos, en suspensión en las aguas, causando fenómenos de turbidez, gusto y olor o adheridos a las paredes internas de los tubos y canales conductores de agua, formando costras ya sean gelatinosas, fibrosas o de mayor consistencia que tienden a reducir el diámetro o espacio útil de la tubería, contribuyendo así a aumentar las pérdidas de carga y otros inconvenientes. Las bacterias filamentosas, principalmente del género Crenothrix, constituyen el grupo más importante responsable de la obstrucción de las tuberías. Generalmente se desarrollan en aguas pobres en oxígeno disuelto y ricas en anhídrido carbónico y fierro. Por eso se las encuentra con mucho más frecuencia en aguas que provienen de pozos, especialmente cuando el suelo que rodea al pozo es rico en materia orgánica en descomposición o humus, de cuya fermentación resulta la producción de anhídrido carbónico el cual es arrastrado hasta las aguas freáticas por las lluvias que se infiltran en el suelo. Esas bacterias crecen en ambientes sin luz, como es el caso de las tuberías en general y particularmente en los sistemas de refrigeración de motores térmicos, en los que pueden causar serios perjuicios. Solamente en forma excepcional se las puede encontrar en aguas que provienen de fuentes superficiales. Esos organismos cuando oxidan el fierro que se encuentra en solución en el agua, provocan la precipitación de hidróxido férrico que es insoluble, iniciando así la formación de costras sólidas o incrustaciones que a la larga causan la obstrucción de la tubería. Esas incrustaciones y los propios filamentos bacterianos son muy difíciles de remover. Las bacterias de los géneros Beggiatoa, Sphaerotilus y otros grupos de microorganismos como los hongos Leptomitus pueden formar costras gelatinosas en tubos cerrados, sobre todo, en presencia de aguas ricas en materia orgánica, como es el caso de techos de algunos tipos de industrias.

En algunas tuberías se han encontrado faunas completas, constituidas por innumerables grupos de organismos que asociados formaban costras con más de un centímetro de espesor, pero lo suficiente como para reducir considerablemente el diámetro

interno de los tubos, sobre todo de aquellos que tenían diámetros menores. En esas ocasiones se han encontrado protozoarios de los géneros Vorticella, Chaos (Amoeba), Arcella, Stentor, Acineta, Zoothamnium; esponjas de los géneros Spongilla y Myenia; celenterados como Hydra y Cordylophora; gusanos como Nais, Anguillula; briozoarios como Plumatella, Fredericella, Paludicella; moluscos como Dreissencia y otros; crustáceos como Asellua, Gammarus y larvas de insectos, tales como de los tricópteros Phryganea, de los neurópteros Corydalis y otros (38).

En las aguas tratadas, los organismos que se pueden encontrar en suspensión son sobre todo, los crustáceos copépodos que proliferan en las redes de distribución debido al hecho de que sus huevos siendo muy pequeños atraviesan los filtros de arena (35). También se han encontrado larvas de insectos del género Chironomus, en gran cantidad, en las aguas tratadas. En los reservorios de distribución se pueden desarrollar esos y otros tipos de organismos en tal cantidad que causan problemas de gusto y olor en el agua como ya se ha señalado anteriormente. Tienen especial importancia ciertos nemátodos de vida libre, como son aquellos de los géneros Diplogaster, Cheilobus, Rhabditis y posiblemente otros que aunque no sean capaces de parasitar al hombre, se alimentan de bacterias y partículas que contienen virus patógenos, los cuales protegen a estos últimos de la acción del cloro ya que son altamente resistentes a la cloración. Los experimentos realizados con algunas especies de estos gusanos, han demostrado que ingieren bacterias como Salmonella typhosa, Salmonella paratyphi y Shigella sonnei, además de suspensiones de virus Coxsackie y Echovirus, todos los cuales pueden sobrevivir en el interior de los gusanos por un espacio de tiempo superior a las 48 horas. También se demostró que los gusanos son resistentes a la acción del cloro residual de 2.5 a 3.0 mg/l durante dos horas; de 15 a 45 mg/l durante un minuto, y aún muchos de ellos pudieron sobrevivir por más de 15 minutos a una concentración inicial de cloro de 100 mg/l. Las bacterias y virus ingeridos, posteriormente pueden ser eliminados por el animal, y el hombre cuando bebe el agua puede ingerirlas en esa forma o aún juntamente con el gusano adquiriendo así una infección bacteriana por ese vehículo (43).

3.6.2.2. En las Fuentes.

En los lagos y embalses construidos es común ver el desarrollo de una vegetación constituida por plantas de los grupos superiores, vasculares, siendo algunas de ellas flotantes y otras enraizadas en el fondo del lago. Ellas pueden presentar serios inconvenientes no sólo desde el punto de vista de la calidad del agua sino también de las propias características de la fuente. En todo lago se observa un proceso continuo de sedimentación que trae como consecuencia la disminución de su capacidad y profundidad. Esa formación de depósitos predomina en las partes menos profundas, como son las margenes, y provoca una reducción considerable del área inundada, tendiendo hacia la extinción del lago. La vegetación enraizada