

Los microorganismos más importantes que podemos encontrar en las aguas son: bacterias, virus, hongos, protozoos y distintos tipos de algas (por ej. Las azul verdosas). La contaminación de tipo bacteriológico es debida fundamentalmente a los desechos humanos y animales, ya que los agentes patógenos –bacterias y virus- se encuentran en las heces, orina y sangre, y son de origen de muchas enfermedades y epidemias (fiebres tifoideas, disentería, cólera, polio, hepatitis infecciosa,...). Desde el punto de vista histórico, la prevención de las enfermedades originadas por las aguas constituyó la razón fundamental del control de la contaminación.

## **1. BACTERIAS.**

Las bacterias son microorganismos procariotas, unicelulares, cuyo material genético se encuentra disperso en el citoplasma. Poseen una pared protectora que las rodea y que a la vez les confiere características especiales.

Pueden ser móviles y muchas de ellas ante condiciones desfavorables pueden formar estructuras de resistencia.

En el mundo hay millones de bacterias y estamos continuamente rodeados de ellas. Las hay patógenas, inocuas y también beneficiosas para nosotros y gracias a su estudio, se han llevado a cabo investigaciones en las cuales se ha descubierto la importancia que poseen en el campo del agua.

Las bacterias tienen en el agua una vía perfecta de transmisión y, por lo tanto, se han utilizado como indicadores ideales de contaminación.

El grupo de bacterias coliformes pertenecen la familia de las Enterobacteriaceas y se definen como el grupo bacteriano aerobio o anaerobio facultativo, que fermentan la Lactosa con la producción de ácido y gas antes de 48 horas. Se encuentran en el tracto intestinal del ser humano y cada persona evacua de 100.000 a 400.000 millones de coliformes por día, además de otras clases de bacterias. Los coliformes no son dañinos para el hombre y, de hecho, son útiles para destruir la materia orgánica en los procesos biológicos del tratamiento de las aguas residuales.

Desde hace mucho tiempo se han utilizado como indicador ideal de contaminación fecal. Su presencia se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos pueden estar presentes y su ausencia indica que el agua se halla exenta de organismos productores de enfermedades.

En las plantas de tratamiento de aguas residuales, quizás sea la única determinación microbiológica que se realice, prestándose especial interés en los porcentajes de reducción tras su tratamiento.

Los *Streptococos* fecales son bacterias anaeróbicas o aeróbicas facultativas, conocidas como bacterias del ácido láctico. El hábitat natural de estos microorganismos es el aparato digestivo de los animales de sangre caliente. Se han utilizado, junto con los coliformes fecales, para diferenciar la contaminación fecal humana de la de otros animales de sangre caliente. Se ha observado que la cantidad de coliformes y streptococos fecales descargados por los seres humanos, son significativamente diferentes de las cantidades descargadas por el resto de animales.

Así, la relación CF/SF contenidos en una muestra, puede usarse para demostrar el tipo de contaminación, humana o animal.

Los *Actinomicetos* son bacterias Gram (+), normalmente no móviles pero si lo son es por la presencia de flagelos. Estas bacterias producen olor a tierra mojada en el agua, por lo que afectan a la calidad y la aceptación pública de los suministros municipales de agua en muchas partes del mundo. Son uno de los olores más difíciles de eliminar en las plantas de tratamientos convencionales. Los actinomicetos crecen sobre material en descomposición, por lo que transforman una gran variedad de residuos orgánicos complejos formando parte importante de la población de lagos, ríos y suelos.

Los *Pseudomonas* son bacilos flagelados Gram (-) e incluyen un grupo de bacterias muy heterogéneas de una amplia distribución en la naturaleza, capaces de degradar una gran variedad de compuestos orgánicos. El grupo Zooglea está formado por bacterias que residen típicamente en aguas contaminadas y reactores aeróbicos de residuos.

## **2. VIRUS.**

Los virus son unidades microbiológicas de estructura muy simple.

Prácticamente están formadas por una envuelta proteica, con algunos restos de polisacáridos y lípidos y, en su interior, tienen una cadena de ácido nucleico que puede ser ADN o ARN.

Los virus excretados por las heces o por la orina de cualquier especie animal son susceptibles de contaminar el agua. Especialmente numerosos y de gran

importancia sanitaria son los virus que infectan el aparato digestivo del hombre y que son excretados por las heces de las personas en las que habitan. Un gramo de heces humanas puede contener 100 millones de partículas de virus infecciosas.

Pueden encontrarse virus en las aguas residuales domésticas que, tras varios tipos de tratamiento, son vertidas a aguas superficiales o la tierra. Por tanto, pueden existir virus entéricos, intestinales, en las aguas superficiales y profundas contaminadas por las aguas fecales y que son después utilizadas como fuentes de aguas potables.

Entre los virus excretados en número relativamente elevado se encuentran los poliovirus, coxsakievirus, echovirus y otros enterovirus, adenovirus, reovirus, rotavirus, el virus A de la hepatitis y los agentes Norwalk.

El Poliovirus es un virus de 25 a 30 milimicras de diámetro. Provoca la poliomyelitis mediante vía respiratoria y/o digestiva.

El Coxsakievirus es conocido como el virus de Coxakiev.

El Adenovirus son virus esféricos y menores de 100 milimicras. Causan afecciones respiratorias.

El Reovirus es un virus cuyo material genético (ARN) tiene como intermediario ADN en su ciclo replicativo.

El Rotavirus es el virus más importante productor de gastroenteritis y epidemias. Se transmite por vía oral principalmente.

El virus A de la hepatitis es miembro del grupo de los enterovirus. A veces se extiende por el hígado y los recuperados no son portadores.

Los Agentes Norwalk o virus de Norwalk se transmiten por el agua produciendo diarreas en individuos adultos.

Los virus no forman parte de la flora normal de aparato digestivo y sólo son excretados por las personas infectadas, en particular, lactantes y niños pequeños. Los índices de infección varían de manera considerable de unas zonas a otras, según las condiciones sanitarias y socioeconómicas.

Los virus sólo se multiplican en células vivas sensibles, su número no puede aumentar en las aguas fecales.

### **3. PROTOZOOS.**

Los protozoos forman uno de los grupos de individuos más frecuentes en el agua. Podemos definirlos como organismos unicelulares, con núcleo y citoplasma. Son bastante especializados, ya que presentan todas las estructuras necesarias para realizar sus funciones vitales.

Con la excepción de los protozoos parásitos cuya distribución está asociada a la de sus organismos hospedadores, la mayoría de los protozoos son de distribución cosmopolita.

Dicho cosmopolismo está asociado con una repetición de las condiciones medioambientales de las aguas donde habitan, estando así relacionada la presencia y cantidad de organismos pertenecientes a diferentes grupos con parámetros del medio como son los nutrientes, la cantidad y calidad de materia orgánica, la temperatura, el oxígeno, el pH, las poblaciones bacterianas, etc., pudiendo vivir muchos de ellos en márgenes estrechos de condiciones, por lo que su presencia constituye un elemento bioindicador de las condiciones del medio donde habitan.

Sin embargo, muchos de ellos tienen un amplio rango de tolerancia a variaciones en las condiciones ambientales, lo que les hace estar presente en un gran número de hábitats, aunque con diferente desarrollo poblacional.

A su vez, dentro de este grupo de organismos encontramos existe una gran variedad de asociaciones biológicas, como son el parasitismo y la simbiosis, existiendo aproximadamente 27 especies parásitas del hombre entre las cuales se encuentran las causantes de enfermedades como la malaria, el mal del sueño africano y otras fiebres.

La importancia del papel de estos organismos, en el sistema acuático, se basa fundamentalmente en tres razones: por consumo directo de materia orgánica del medio, por propiciar la formación de flóculos, acúmulos de materia, a través de la excreción de materiales mucilaginosos y por constituir los principales consumidores de las poblaciones bacterianas que se desarrollan en el medio.

Así, algunas especies de protozoos son capaces de consumir directamente la materia orgánica del medio, ya sea por ingestión directa de partículas sólidas, como por trasvase de materiales disueltos en el agua a través de sus paredes corporales, por lo que contribuyen eficazmente a la eliminación de la materia carbonada de las aguas residuales.

En cuanto a la formación de flóculos, podemos decir que la formación de dichas agregaciones de partículas minerales, materia orgánica, bacterias y protozoos en el seno de la matriz mucilaginosa, pegajosa, son de gran interés en la decantación y, por lo tanto, favorecen la clarificación del agua, siendo ésta la base de un buen funcionamiento del sistema de lodos activados.

Los protozoos son de vital importancia para el sistema acuático.

Los ciliados, son los principales organismos consumidores de bacterias en los medios acuáticos. Con ello consiguen, por un lado, un crecimiento óptimo de poblaciones bacterianas manteniendo una tasa de aclarado que favorece que dichas poblaciones no colapsen, excretando al mismo tiempo sustancias minerales que favorecen el crecimiento de dichas bacterias y, también, disminuyen con dicho consumo, la concentración de bacterias patógenas y fecales del medio, clarificando el agua de forma eficiente.

#### **4. CIANOBACTERIAS Y DIATOMEAS.**

Son indicadores de la calidad del agua. Dentro del fitoplancton, pertenece al reino vegetal.

Las cianobacterias son microorganismos unicelulares y agrupaciones celulares sin división de trabajo. Poseen núcleo rodeado de membrana y pigmentos fotosintéticos.

##### **4.1. Cianobacterias.**

Pueden formar grandes y densas capas sobre la superficie del agua y, por ello, disminuyen el valor estético de la misma. A veces, proporcionan mal olor y sabor pero al mismo tiempo y gracias a su función fotosintética, proporcionan una buena oxigenación de las aguas donde se encuentran.

Este aspecto toma importancia cuando las cianobacterias forman parte del proceso de degradación biológica de la materia orgánica del agua, pues les proporciona oxígeno a los microorganismos capaces de degradar dicha materia, o bien, de hacer que decante y que favorezca su eliminación. Los procesos de eutrofización de las aguas continentales favorecen, en gran medida, el desarrollo de proliferaciones de microalgas a menudo representadas por floraciones de cianobacterias.

Algunas especies pertenecientes a este grupo, producen sustancias capaces de alterar las propiedades organolépticas de las aguas y de conferirles un carácter tóxico

para el hombre y los animales, lo que exige prestarles una gran atención cuando esta agua es destinada al abastecimiento humano.

Por otro lado, las cianobacterias presentan la facultad de intercambiar material genético, dando lugar a la aparición de distintos grados de toxicidad.

De modo que, a menudo, estas floraciones están constituidas por diferentes genotipos, por lo que la toxicidad total de una muestra guarda una relación directa con la abundancia relativa de éstos. Así, se hace crucial su identificación para que mediante bioensayos con modelos animales y celulares, métodos inmunológicos comerciales y sondas fluorescentes se pueda combatir dicha toxicidad.

#### **4.2. Diatomeas.**

Las diatomeas son las algas pardas unicelulares. En solitario o en colonias, éstas poseen la aptitud de colonizar los substratos. Son fácilmente reconocibles por el color pardo que poseen sobre el soporte colonizado.

Desde los medios dulceacuícolas y marinos, éstas constituyen la mayor parte del fitoplancton.

Cada célula está formada por una frústula sílicea compuesta de dos valvas metida una en otra, de forma similar a una cajita y pueden ser conservadas mucho tiempo después de la muerte del alga. Gracias a esta propiedad, las diatomeas son utilizadas para estudiar la fase físico-químico del curso del agua.

Dos órdenes principales constituyen un gran grupo, las *Céntricas* o *Centrophycidas*, generalmente con un solo eje de simetría y con forma redondeada, y las *Pennadas* o *Pennatophycidas*, que poseen una simetría con relación a un plano donde las dos valvas son semejantes, alargadas y con contorno elíptico. Dentro de este grupo, las formas poseen un rafe, hendidura que va de un polo a otro interrumpido en el centro de la valva.

El mayor inconveniente del estudio de las diatomeas reside en la pesadez del tratamiento y del montaje necesario para su recuento y la posterior identificación de las especies. Numerosos autores, sin embargo, están de acuerdo con su uso como indicadores de la calidad de las aguas.

La sistemática de las diatomeas se basa en la observación de la frústula sílicea. Para facilitar la observación, es primordial eliminar la materia orgánica mediante distintos tratamientos que esconder los detalles finos de las ornamentaciones de las valvas. Es conocida la facilidad con que estos organismos son recogidos y conservados,

a la misma vez que colonizan todos los sistemas acuáticos incluso las altamente hostiles y contaminados.

Las algas, dentro de las cuáles se incluyen las diatomeas, son muy sensibles a la polución, especialmente al Nitrógeno y al Fósforo. Éstas son muy interesantes al ser poco sensibles a los factores ajenos a la polución como es el tipo de substrato y el hecho de poseer la capacidad de integración de diversos factores medioambientales.