

EL AGUA COMO MEDIO ECOLOGICO2.1. Introducción.

La característica fundamental que distingue a los seres vivos de los seres del reino mineral reside en la relación íntima y obligatoria que aquellos mantienen con el medio que los rodea. Si se trata de organismos acuáticos, existe una estricta dependencia entre el organismo y las características del medio, de tal manera que la composición de la población acuática varía sensiblemente con la composición del agua. Las características del agua que afectan las cualidades de esa población pueden ser de naturaleza física, como por ejemplo el color del agua, la tensión superficial, etc., o química como la cantidad de gases disueltos, las sales minerales, etc.

Se ha encontrado que los seres acuáticos poseen innumerables estructuras y mecanismos de adaptación que hacen que algunas especies puedan vivir en ambientes de los más inhóspitos para la vida en general, de tal manera que casi se puede decir que, cualquiera que sea la composición del medio, él siempre puede llevar alguna forma de vida. Se pueden citar muchísimos ejemplos de esas adaptaciones: con relación a la obtención de oxígeno en aguas exentas de ese elemento en solución, se encuentran, por ejemplo, diferentes tipos de animales que recurren a diversos mecanismos para solucionar ese problema. Así, existen animales con adaptaciones morfológicas, como los largos sifones elásticos de las larvas de los insectos sírfidos que les permiten utilizar directamente el aire atmosférico, a pesar de que ellos viven en el fondo de las lagunas poco profundas, o también los escarabajos acuáticos que retienen una burbuja de aire en la región ventral, la cual funciona como una especie de pulmón y que es renovada periódicamente cuando el insecto nada hasta la superficie. Otros recurren a adaptaciones fisiológicas, que les permiten reservar cierta cantidad de oxígeno o lo utilizan en forma combinada, como es el caso de algunas larvas de insectos quironómidos y gusanos tubícolas; finalmente, otros buscan ubicarse en regiones más ricas en oxígeno disuelto, como los peces salmónidos, que habitan de preferencia en aguas frías y, por lo tanto, con un mayor contenido de gases disueltos, o las larvas de insectos simúlidos que se establecen en los rápidos o regiones de aguas agitadas y de gran velocidad, que poseen ventosas que les permiten fijarse a las rocas. Se ve, pues, que el problema de la falta de oxígeno, por sí solo lleva a tomar consideración de varios factores físicos o químicos, tales como: temperatura, velocidad de la corriente, etc.

Con respecto a los organismos vegetales sumergidos la mayor dificultad está en la obtención de luz para realizar la fotosíntesis. También existen innumerables formas de adaptación para solucionar esta dificultad. Así, por ejemplo, mu-

chas algas inmóviles, poseen prolongaciones espinosas que les permiten aumentar su superficie de contacto, y por lo tanto, su fricción con el agua, de tal manera que ello impida su hundimiento, por gravedad, hacia las regiones más profundas y pobres en luz; mientras otras algas recurren a adaptaciones fisiológicas que consisten principalmente en la capacidad de realizar la fotosíntesis con luz de determinadas longitudes de onda, que tienen un mayor poder de penetración.

Existe, para cada tipo de organismo, un cierto grado de exigencia, con relación a cada elemento que utiliza a través de sus procesos vitales. Si en el medio existe un elemento en abundancia, éste no constituirá un problema; son problemas ecológicos, para un organismo, únicamente aquellos elementos que se encuentran en cantidades limitativas, es decir cualquier variación en la concentración de ese elemento está acompañada de una variación en la población de ese organismo. Tales elementos, cuya oscilación constituye un peligro para la vida de una determinada especie vegetal o animal, son denominados factores en minimum o factores limitativos. Así, por ejemplo, en el ambiente terrestre, la luz rara vez constituye un factor limitativo para el desarrollo de los organismos vegetales, pues ella está presente en ese medio, casi siempre en abundancia; por el contrario, el anhídrido carbónico es una sustancia que existe en el aire atmosférico en cantidad inferior a la óptima para la realización de la fotosíntesis. Un incremento en el anhídrido carbónico del aire haría posible un mayor desarrollo de los vegetales. Por consiguiente, éste se considera un factor limitativo. Mientras que, en el ambiente acuático, la luz constituye el factor limitativo más importante para el desarrollo de los vegetales, puesto que las partículas que están en suspensión en el agua impiden su penetración. Sin embargo, en las aguas claras y cerca de la superficie donde hay luz en abundancia, los principales factores limitativos son los elementos minerales, como fósforo y nitrógeno.

Existen muchos otros factores importantes para el desarrollo de los organismos acuáticos. Entre ellos se destacan la materia orgánica, como fuente de alimento para los animales, bacterias, etc., y las sales minerales, como fuente de ciertos elementos indispensables para el desarrollo de los vegetales. Además de ellos, existen muchos otros elementos utilizados en cantidades mínimas, denominados micronutrientes y cuya función en los organismos no ha sido todavía bien determinada, pero cuya carencia en el medio puede impedir el desarrollo de algunas especies.

Por otro lado, los organismos acuáticos también contribuyen con muchos otros elementos a la formación del medio. Ahora bien, esos elementos pueden ser útiles o nocivos para el desarrollo de otros tipos de organismos. Como ejemplo del primer caso, podemos citar la producción de oxígeno por los vegetales el que es un elemento indispensable para la vida de todos los organismos animales; en cuanto al segundo caso,

se sabe hoy, que muchos organismos producen sustancias que por alguna razón impiden el desarrollo de otros. Esas sustancias se han denominado antibióticos y hoy en día tienen muchas de ellas una gran aplicación en la Medicina, siendo algunas, producidas por hongos, como los del género Penicillium, que impiden la reproducción de bacterias, otras producidas por bacterias y aún otras por algas.

Todos estos tipos de relaciones entre los organismos y el medio o interrelaciones entre las diferentes especies de organismos, son responsables de la calidad y abundancia del plancton que se encuentra en un lago o en un río, así como también por la presencia de varios tipos de poblaciones que se suceden en un ambiente acuático en diferentes épocas o en las distintas estaciones del año. Difícilmente se encuentran en una masa de agua, organismos que aparecen siempre con una misma intensidad, en todas las estaciones de un mismo año. Daremos el ejemplo de dos lagos tomados al azar: el lago Windermere, en Inglaterra, y el embalse Billings, en Sao Paulo, Brasil. En el primero hay una relativa abundancia de algas verdes, durante los meses fríos de Noviembre a Enero. En Febrero o Marzo estas algas son substituidas por diatomeas del género Asterionella que se reproducen intensamente, llegando a un máximo al comienzo del verano. En Julio hay un rápido aumento y predominio de algas verdeazuladas y algas verdes en colonias que más tarde desaparecen para dar lugar a una intensa proliferación de diatomeas en Setiembre y Octubre (1). En la represa Billings de Sao Paulo, las condiciones son mucho más estables, ya sea por el hecho de que no hay variaciones de temperatura muy acentuadas durante todo el año o porque la composición química de sus aguas está determinada por la desembocadura del caudal de ríos altamente polucionados por los desagües domésticos e industriales de la ciudad de Sao Paulo y no por factores que dependen de las variaciones estacionales. Sin embargo, en las áreas menos sujetas a la interferencia de la polución, se observa una alternación entre poblaciones microbiológicas caracterizadas por la presencia de Staurastrum en ciertas épocas del año y predominancia de Microcystis en otras.

La maduración de los órganos de reproducción en determinadas épocas, en que existen mejores condiciones de ambiente propicias a la sobrevivencia de los descendientes, es característica de muchas especies animales y vegetales. Por ejemplo, existen especies de crustáceos y también de rotíferos que se reproducen asexualmente durante la mayor parte del año, recurriendo solamente a la reproducción sexual en determinadas estaciones o en épocas menos favorables para su multiplicación: proceden pues, como si aprovecharan períodos de mayor abundancia de sustancias nutritivas para reproducirse rápidamente, hasta alcanzar gran número, (puesto que la reproducción asexual es mucho más rápida) y recurriesen solamente al proceso sexual como defensa genética de la especie, en los períodos en los que la superpoblación se convierte en un serio inconveniente. Un gran número de organismos animales y vegetales producen esporas u otras formas de resistencia capaces de

mantenerlos vivos, aunque inactivos, durante los períodos adversos, como son falta de sustancias nutritivas específicas, elevación de temperatura o sequía temporal del lago o riachuelo.

Es de gran importancia para toda persona que trata de estudiar las razones que motivan el desarrollo o la superabundancia en un agua, de determinados grupos nocivos, llegar a conocer con exactitud todos aquellos factores y relaciones que existen entre el organismo y el medio para poder limitar, en lo posible, el enriquecimiento del agua en los factores en mínimo, o aquellos elementos que una vez reducidos, puedan impedir o dificultar el desarrollo de un organismo determinado. El estudio del ambiente químico y físico, en un lago, recibe el nombre de Limnología y es de suma importancia porque es la base del conocimiento de la ecología de los organismos acuáticos.

## 2.2. Estructura y Composición del Agua. Características Singulares del Agua en Estado Puro.

La estructura molecular del agua no está, hasta hoy, suficientemente establecida. Se conoce su composición y la proporción en que se combinan los elementos hidrógeno y oxígeno que la constituyen; sin embargo, la configuración aparentemente lógica de su molécula, constituida por una secuencia lineal de los tres átomos unidos por covalencia, uno de oxígeno entre dos de hidrógeno, no puede explicar muchas de las propiedades físicas y físico-químicas que caracterizan a este compuesto. Entre estas características se destaca, como una de las más extrañas e interesantes, su densidad máxima a 4°C. Se han hecho muchas tentativas tratando de explicar este hecho singular que por otro lado, tiene un gran significado en el estudio de la Limnología y de la Ecología acuática (2) (3).

La teoría cinética de los líquidos, que admite una proporcionalidad entre presión, volumen y temperatura, presupone una estructura constituida por moléculas esféricas, animadas de movimiento constante. El agua, no sigue esa proporcionalidad, por lo menos cuando está a temperaturas próximas a los 4°C y debe poseer una estructura diferente de la prevista para los líquidos en general.

Roentgen (1892) planteó la hipótesis de que el agua, en estado líquido, tenía una estructura intermedia entre la del estado cristalino (que tiene cuando está congelada) y la del estado amorfo. La definió como conteniendo "moléculas de hielo" en solución, admitiendo pues, una constitución molecular diferente o la posibilidad de la formación de polímeros del H<sub>2</sub>O. La molécula del H<sub>2</sub>O, en estado de vapor, presenta ciertas características que justifican esa capacidad de asociación y formación de polímeros: está formada de tres átomos, uno de oxígeno unido a dos de hidrógeno pero no en línea recta, sino más bien en un ángulo de 105°. La mecánica cuánti-

ca admite, teóricamente, que el hecho de ser ese ángulo un poco mayor de 90° revela la existencia de una repulsión de naturaleza electrostática entre los dos átomos de hidrógeno, lo que indica que éstos se presentan parcialmente ionizados. No se trataría pues, de una estructura perfectamente covalente, como se supuso en un principio, sino que habría un cierto grado de ionización de modo que permita la unión de esas moléculas a otras moléculas de la misma naturaleza.

Posteriormente, Sutherland (1900) profundizando sobre esta idea, admitió que el agua con la constitución molecular simple, denominada por él Hidrol (H<sub>2</sub>O), no existe a temperaturas normales, sino solamente por encima de los 100°C. Y que el agua en estado líquido a presión normal, está constituida por dihidrol (H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>) y trihidrol (H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>) en solución. La proporción de trihidrol aumentaría, según este autor, a medida que la solución se acercase al punto de congelación. Las moléculas de hielo con estructura de trihidrol tendrían una configuración de mayor volumen que el ocupado por las moléculas de H<sub>2</sub>O ó H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>. Siendo así, al fundirse el hielo, se observarían dos fenómenos opuestos y simultáneos: aumento de volumen por simple dilatación provocado por el calentamiento y disminución de volumen en virtud de la fusión de las moléculas de hielo que son más voluminosas que las moléculas del estado líquido. Mientras este último fenómeno predomine sobre el primero, habría aumento de densidad.

Existen ciertas dudas ante la aceptación completa de esas teorías. Una de ellas es que, según esa hipótesis, debería existir alguna diferencia de estructura y también en las propiedades, del líquido obtenido por fusión del hielo y el obtenido por condensación del vapor.

Con el descubrimiento de los procesos más modernos para el estudio de las estructuras moleculares, se han alcanzado nuevos adelantos, que han modificado las hipótesis anteriores. El descubrimiento de una propiedad que tienen las sustancias transparentes, llamada efecto Raman, ha permitido analizar mejor la estructura molecular del agua. Ese efecto, que es una consecuencia de la teoría cuántica, se puede explicar de la siguiente manera: cuando se hace incidir sobre un medio transparente, un rayo de luz monocromática, de una frecuencia determinada, se obtiene un espectro constituido por dos series de rayas, las que se presentan simétricas con respecto a la raya característica de esa frecuencia. La frecuencia de esas rayas es específica para cada sustancia transparente, y no depende de la radiación existente sino de la estructura molecular del medio. La aplicación de este proceso al estudio del agua, conjuntamente con los adelantos alcanzados en simetría cristalográfica empleando los rayos X y de las rayas de absorción de los rayos infra-rojos, (formados en virtud de la absorción de un fotón cuyo quantum se halla en resonancia con una molécula en vibración), que permiten el conocimiento de la frecuencia con que vibra una molécula, dió por resultado una idea mucho más segura con respecto a la estructura molecular de esa sustancia.