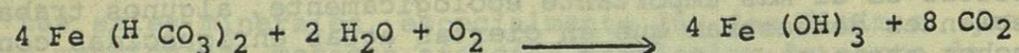


2.3.2.2.3. Otras Sustancias Minerales.

Además del nitrógeno y fósforo, otros componentes minerales del agua pueden tener importancia en el desarrollo de los organismos. Por ejemplo, el hierro existe en las aguas en general bajo la forma de bicarbonato soluble. Sin embargo, cuando el agua se enriquece en oxígeno, el carbonato ferroso se transforma en hidróxido férrico mediante la siguiente reacción:



El hidróxido férrico resultante es insoluble y se precipita. El pH tiene una gran influencia en el proceso descrito, haciendo variar en forma sensible la velocidad de esa reacción. Así, para valores bajo del pH la formación de hidróxido es apreciable cuando el agua está saturada de oxígeno, mientras que con un pH igual a 7 el hierro se precipita en gran cantidad con concentraciones de oxígeno de apenas 0.5 mg/l (10)

En las aguas en general, el manganeso tiene un comportamiento semejante al del hierro. Su solubilidad también depende del pH y del contenido de CO₂ y oxígeno disueltos en el agua.

Esas relaciones existentes entre el pH, el oxígeno, el anhídrido carbónico y el contenido de hierro y manganeso hacen que haya una variación de este último en las diferentes capas de un cuerpo de agua estratificada, así como en las distintas estaciones del año, ya que los factores mencionados, sobre todo la cantidad de gases disueltos, varía con la temperatura del agua y por consiguiente con la profundidad y la época del año. Asimismo, esto puede contribuir al establecimiento de ciclos de vida de los organismos que sufren la influencia de la concentración de esos metales.

El hierro (y también el manganeso) puede constituir un factor limitativo para la vida de algunas bacterias que lo utilizan como materia oxidable, transformando el carbonato ferroso en férrico. Para otros organismos acuáticos, sobre todo vegetales, es un elemento esencial y muy abundante en el medio. A pesar de ello, algunos autores han demostrado que el enriquecimiento de las aguas en nitrógeno y fósforo, generalmente los factores limitativos más importantes, haga que el hierro pase a ser un factor limitativo. También se ha demostrado que hay antagonismo entre el hierro y el manganeso; es decir, para su máxima productividad las algas necesitan concentraciones muy bajas de hierro, mientras que cuando la concentración de manganeso en un medio es elevada, ellos necesitan cantidades mucho mayores de hierro, como lo han comprobado Gerloff y Skoog al trabajar con algas verdeazuladas del género Microcystis. Por ejemplo, cuando la concentración de manganeso es igual o menor de 0.02 mg/l, la concentración de hierro necesaria y suficiente para producir una máxima proliferación es de 0.02 mg/l; sin embargo, siempre que la cantidad de manganeso sea elevada la proliferación decae rápidamente

te y las algas se vuelven verde-amarillentas, a no ser de que la concentración de hierro también sea alta. Los mismos autores también comprobaron que dosis de manganeso superiores a los 0.2 mg/l son tóxicas a las algas. La concentración de manganeso en los lagos con frecuencia es mayor que 0.2 mg/l en las regiones situadas cerca del fondo; durante los períodos de circulación total se puede verificar una concentración relativamente alta de ese metal en todo el volumen de agua. Este último fenómeno, según lo demostraron los autores antes mencionados, está a su vez estrechamente relacionado con el contenido de calcio de las aguas, el cual tiene efecto antagónico al del manganeso. El calcio en una concentración aproximada de 10 mg/l inhibe casi totalmente la acción tóxica de 4 mg/l de manganeso.

La sílice también constituye un elemento importante en el metabolismo de las algas diatomeas, para la formación de sus membranas silíceas o frústulas características. En general, las aguas naturales son ricas en ortosilicatos no disueltos, sílice coloidal y posiblemente iones complejos de aluminosilicatos. El agua de lluvia que se drena por áreas ricas en CO₂ disolviendo rocas silíceas, contribuye al enriquecimiento del agua en esas sustancias. Por otro lado, la excesiva proliferación de diatomeas puede provocar una considerable disminución del contenido de sílice en las aguas.

Además de ellos, otros elementos como el azufre, potasio, magnesio, etc. pueden ser importantes para el desarrollo de los organismos en general y de determinados grupos en particular. El calcio, en forma de carbonato, tiene importancia fundamental, casi siempre en forma indirecta, en los procesos químicos que se realizan en un lago, como ya se dijo antes al referirse al anhídrido carbónico y al pH.

2.3.2.3. Compuestos Orgánicos.

La materia orgánica existente en las aguas puede ser de origen endógeno cuando esta formada por la actividad sintetizante de los propios organismos autotróficos que pueblan un cuerpo de agua; o de origen exógeno cuando proviene del suelo lavado por las lluvias o sobre todo de la intervención del hombre, cuando arroja desagues domésticos o industriales a un curso de agua. Dada la diversidad de fuentes de materia orgánica exógena, se debe esperar que haya una gran variación cualitativa y cuantitativa de la materia orgánica, en estado coloidal o disuelto, aún en los cuerpos de agua exentos de polución (o mejor dicho, apenas sujetos a la llamada "polución natural", en contraposición a la que resulta de las actividades humanas). Aunque no se disponía de muchos datos con respecto a la composición química de las aguas, desde el punto de vista de la naturaleza de los compuestos orgánicos presentes en ellas, Hutchinson (2), basándose principalmente en las investigaciones realizadas por Birge y Juday en 1934, en los lagos de Wisconsin, pudo llegar a las siguientes conclusiones: el material exógeno en condiciones naturales, proviene en su

mayor parte de los pantanos (se comprobó igual cosa en los lagos del norte de Europa). El material orgánico está constituido de aproximadamente el 6% de "proteína bruta" (dato obtenido de la multiplicación del nitrógeno total por 6.25, factor que representa la proporción calculada entre el nitrógeno y la proteína del agua, lo que hace suponer la inclusión de algunos compuestos orgánicos nitrogenados que no son realmente de naturaleza proteica), y con una relación entre carbono y nitrógeno de C:N = 45-50:1. Además, ese material constituye el principal responsable del color amarillo o castaño del agua que como se sabe no es debido a los compuestos nitrogenados. La materia orgánica de origen endógeno contiene cerca de 24% de la llamada "proteína bruta", siendo la proporción C:N = 12:1 y tiene poca influencia en el color del agua.

Estudios realizados sobre la naturaleza química de los compuestos nitrogenados han revelado que casi la totalidad del nitrógeno orgánico existente en las aguas de los lagos se halla en la forma de proteínas o productos de la degradación de ellas. En los lagos de Wisconsin, se identificaron varios aminoácidos específicos como constituyentes de una parte del nitrógeno total contenido en las aguas. Del 10 al 25% de ellos estaba constituido de tirosina y más del 10% de triptófano. Se han encontrado otros compuestos orgánicos específicos dotados de actividad biológica, tales como las vitaminas: tiamina, niacina, biotina y cianocobalamina. Según Hutchinson (2) las cantidades presentes (hasta 0.00089 mg/l) pueden ser biológicamente significativas.

La presencia de materia orgánica es importante para la propia economía de las fuentes, así como también para las actividades de los seres autótrofos. Ella provee de carbono, nitrógeno y otros elementos que son indispensables para la síntesis orgánica y que mediante la oxidación biológica pueden ser estabilizados en forma de anhídrido carbónico, nitratos, etc. Además, son innumerables los organismos clorofilados que se desarrollan mejor o aún no pueden prescindir de algunos compuestos de estructura molecular compleja, en el medio. Tales exigencias se han comprobado particularmente en los grupos flagelados.

Los flagelados clorofilados, sobre todo en ausencia de luz, ya sea estén en el laboratorio o en un ambiente natural, pueden pasar a utilizar los ácidos orgánicos o los carbohidratos como fuentes de carbono, en lugar del anhídrido carbónico. Algunos de ellos pueden tener exigencias específicas, en su comportamiento heterotrófico o mesotrófico. Así, por ejemplo, la especie *Polytoma uvela* sólo es capaz de utilizar acetato o butirato y nunca el azúcar: (32).

Hay varios grados de auto y heterotrofismo entre los organismos clorofilados. Varias especies de *Chlamydomonas* y también dinoflagelados dependen estrictamente del anhídrido carbónico para su fuente de carbono. Por otro lado, todas las especies sin clorofila de los géneros *Polytoma*, *Polytome-lla*, etc., así como varios cloroflagelados coloniales no pueden prescindir del carbono orgánico, aún en presencia de la luz (33). La glucosa es indispensable para el *Gonium saccu-liferum*; el acetato para el *Chlamydotrys* y así sucesivamen-

te. Entre esos dos extremos existen heterótrofos facultativos para los cuales la presencia de materia orgánica es apenas un estimulante: *Eudorina elegans*, *Gonium sociale*, *Trachelomonas pertyi*, *T. abrupta*, *Phacus pyrum*, *Pleodorina californica*, *P. illinoiensis*, *Volvox globator*, etc. (33). Lackey (34) menciona el caso de lagunas de oxidación en las que la floración producida por *Euglena gracilis*, *E. pisciformis* y *Chlorogonium euchlora* se hallaba relacionada a la presencia de desechos que contenían subproductos de la industrialización de las frutas cítricas. Según Fogg (16) el crecimiento abundante de varios cloroflagelados en aguas polucionadas se debe al hecho de que esos organismos crecen bien en medios que contienen acetatos. La descomposición de la materia presente en los desagües produce concentraciones elevadas de ácidos grasos, alcoholes, etc. El *Chlorogonium* constituye un caso extremo porque no utiliza ninguna otra fuente de carbono que no sea el ácido acético.

Es conocido el hecho de que algunas especies de *Euglena* cuando se las cultiva en la oscuridad pueden perder la clorofila, aunque permanezcan los cloroplastidios. Eso sucede con la *E. gracilis*, la *E. mesnili* y la *E. cyclópica* cuyo color se restablece cuando regresan a la luz (35). Pero Pringshein (36) pudo comprobar con seguridad que la *E. gracilis* pierde no solamente la clorofila sino la totalidad de los plastidios y el ocelo. Sin tocar las implicaciones sistemáticas del hecho, se debe admitir que las alteraciones fisiológicas del comportamiento de esos organismos que resultan de la ausencia de la luz y presencia de materia orgánica, pueden estar acompañadas de modificaciones morfológicas.

En general, los flagelados clorofilados están capacitados para sintetizar 20 ó más aminoácidos que son necesarios para su vida, a partir de los nitratos o amoníaco como fuente de nitrógeno. Hay varias especies que no poseen todos los elementos necesarios para realizar esas transformaciones químicas y sintetizan a partir de los aminoácidos pre-existentes en el medio, que les sirven de fuentes de grupos amínicos que ellos no son capaces de elaborar. Así, no dependen de la presencia de determinados aminoácidos en particular, sino de grupos amínicos a partir de los cuales sintetizan sus propios aminoácidos por transaminación (16).

Prosser (32) dice que en los flagelados existen varios niveles en la capacidad de síntesis de las proteínas a partir de sustancias nitrogenadas del medio. Así, son capaces de utilizar nitratos: *Euglene gracilis*, *E. klebsil*, y *E. stellata* (ésta última, sólo cuando hay una concentración elevada de calcio en el medio); el amoníaco es utilizado por *E. anabaena* que no es capaz de usar nitratos; en general los aminoácidos son utilizados por cualquier flagelado fotosintetizante, pero son indispensables para la *E. deses*; la *E. pisciformis* se desarrolla solamente cuando tiene peptonas o polipéptidos como fuentes de nitrógeno. Sin embargo, ciertos aminoácidos como la tirosina y el triptófano no parecen constituir fuentes adecuadas de nitrógeno ni aún para las euglenas que utilizan el