

Clase VII

Algas, Hongos y Protozoos

Los grupos tradicionales que constituyen el dominio de la Eukarya: las algas, los hongos (filamentosos y levaduras), los hongos mucosos y los protozoos. La figura 1. muestra detalles de la rama escaria del árbol evolutivo universal. Los parásitos obligados diplomonas y microsporidios son los más antiguos dentro de las eucariotas a untado del árbol nos encontramos con los flagelados y alguna alga. Después se encuentran los hongos mucosos, las algas marrones y el grupo de diatomeas

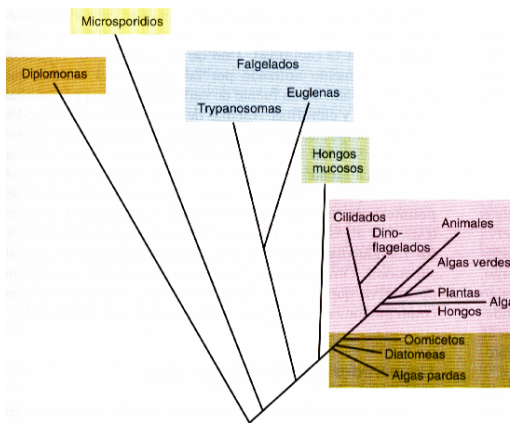


Figura 1. Árbol filogenético de la Eukarya basado en el rRNA de 18S. Microsporidios y diplomonas son los más antiguos, contienen núcleo pero carecen de mitocondrias. Los Oomicetos se tratan aquí con los hongos, aunque son filogenéticamente diferentes de la mayoría de los hongos [4].

Algas

Se refiere a un grupo de eucariotas que contienen clorofila y llevan a cabo fotosíntesis oxigénica, diferentes a las cianobacterias, la mayoría son microscópicas, aunque algunas algas marinas crecen hasta 30 metros de largo. Son unicelulares, en colonias o forman agregados celulares, cuando no hay al lado de la otra se llaman filamentosas. La mayoría contienen clorofila y son verdes, sin embargo algunas son color rojo o marrón, puesto que

poseen otros pigmentos que enmascaran la clorofila. Al igual que en las plantas verdes, se encuentra otro tipo de orgánulo: el cloroplasto, son verdes y acumulan clorofila, captan la luz necesaria para la fotosíntesis. Contienen uno o más cloroplastos. Ver figura 2 a) y b). Muchas son fotótrofas obligadas, incapaces de crecer en la oscuridad con fuentes orgánicas de carbono sin embargo algunas pueden hacerlo, algunas son fotoheterótrofas. Estos organismos predominan en estanques, lagos y océanos. En la mayoría de los ambientes acuáticos, en las zonas óxicas, cianobacterias y algas son las más abundantes, las algas que flotan son el fitoplancton y las que se adhieren al fondo o a los lados son las algas bénticas.

Importancia de las algas

-Plancton se refiere a las formas acuáticas microscópicas, con poca resistencia a las corrientes y viven en forma libre suspendida, las plantas planctónicas constituyen el fitoplancton (algas microscópicas), muchas son fotosintéticas. El fitoplancton ha sido usado como un indicador de la calidad del agua. Algunas especies florecen en aguas eutróficas mientras que otras son sensibles a químicos o desechos orgánicos, esto debido también a sus cortos ciclos de vida, a su rápida respuesta a los cambios ambientales. Influyen fuertemente aspectos no biológicos del agua como el pH, color, sabor y olor. Como indicador de calidad debe interpretarse a la luz de datos de carácter físico-químico y del entorno, su importancia es mayor en sistemas lóticos que en sistemas lénticos.

-Son una fuente importante de alimento por constituir la base de cadenas alimentarias acuáticas, se denominan productores primarios de materia orgánica. Producen oxígeno, el cual es importante en el control de la contaminación y eliminación de basuras. En mar abierto la producción primaria es muy baja mientras que en zonas costeras cercanas a la costa es alta, mayor en lagos y manantiales; los nutrientes inorgánicos en mar abierto están en bajas concentraciones por lo que es poco fértil a diferencia de las zonas costeras fértiles que se ven enriquecidas por el aporte de nutrientes de ríos y otras entradas de agua continental contaminada. Ver figura 3.

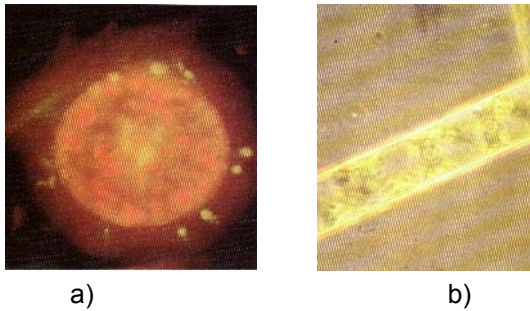


Figura 2. Microfotografía de células de algas mostrando la presencia de los cloroplastos a) Fluorescencia de diatomea *Stephanodiscus*, absorbe luz y emite luz fluorescente roja b) contraste de fase para apreciar cloroplastos espirales característicos de la *Spirogyra* [4].

-En países donde abundan las algas marinas, rojas y pardas, se utilizan como fertilizantes y para preparar aislantes de calor y en algunas clases de filtros.

-Algunas sintetizan vitaminas A y D, las algas verdes contienen cantidades apreciables de vitaminas B1, C y K.



Figura 3. Distribución de la clorofila en el Atlántico Norte occidental, fotografiada por satélite. Se aprecia la costa este de EE.UU., los grandes lagos se ven en la parte superior izquierda, las áreas ricas en fitoplancton se muestran en color rojo ($> 1 \text{ mg de clorofila/m}^3$), las áreas azules y púrpúreas presentan menores concentraciones de clorofila ($< 0.01 \text{ mg/m}^3$), obsérvese la elevada productividad primaria en las zonas costeras y en los grandes lagos [4].

-Phorphyra proporciona el carragenano y el agar, utilizados como espesantes y gelificantes.

-aunque pocas especies son patógenas, la *Prototheca* es un posible patógeno para seres humanos, algunas transportadas por el aire son implicadas en alergia por inhalación. Varias especies son parásitas de plantas, cephaleuros ataca hojas de té, café, pimienta y otras plantas tropicales, algunas producen toxinas letales para peces y otros animales acuáticos.

Pigmentos y polímeros de reserva

Su clasificación se hace entre otras de acuerdo a la naturaleza de su clorofila, los polímeros de reserva producidos. En la tabla 1. aparece la distribución de las clorofilas y otros pigmentos fotosintéticos así como la naturaleza del polímero de reserva sintetizado como producto de la fotosíntesis.

Paredes celulares de las algas

En muchos casos esta compuesta está compuesta por fibrillas de celulosa, modificado por la adición de otros polisacáridos, como peptina, xilanos, mananos, ácidos algínicos y fucínico. En algunas algas esta reforzada por la deposición de carbonato calcico, se denominan coralinas, otras tienen quitina. Las euglenoides carecen de pared y las diatomeas están compuestas de sílice. La pared celular es permeable a compuestos de bajo peso molecular e impermeables a macromoléculas, sus poros son de 3-5 nm, por lo tanto es imposible la actividad fagocítica en algas.

Movilidad y ecología

Muchas son móviles mediante flagelos. La *Euglena* tiene un solo flagelo polar mientras que otros tienen de 2 a 4. Forman gametos móviles solo durante la reproducción sexual, no son móviles en su estado vegetativo. Son a menudo fototróficos dominantes e incluso exclusivos de sistemas ácidos, por debajo de 4-5 no prosperan las cianobacterias mientras que diversas algas crecen libremente.

Morfología

Pueden ser esféricas, alargadas o fusiformes, móviles o no móviles, con uno o más cloroplastos.

Fisiología

Son organismos aerobios fotosintéticos, algunas crecen en la nieve y otras a temperaturas elevadas (70°C), las termales crecen a 50-54°C, las marinas se adaptan a las concentraciones salinas, no se encuentran en profundidades superiores a los 150 pies (45.7 m) ya que no penetra suficiente cantidad de luz solar. En aguas tropicales se encuentran incluso a los 600 pies (183 m), otras se han adaptado a suelos húmedos y a la corteza de los árboles. Poseen tres clases de pigmentos Clorofilas, caratenoides y ficobilinas, la presencia de otros pigmentos enmascara el color de la clorofila por ejemplo algunas algas son pardas por la xantofila y los carotenos, otras purpúras o rojizas a causa de su contenido en ficobilina.

Clasificación

Se hace de acuerdo a 1. pigmento, 2 productos alimenticios de reserva 3. Flagelos, 4. Paredes celulares 5. organización celular. Ver tabla 1. [4]

Tipo de algas	Nombre común	Morfología	Pigmentos	Representante típico	Materiales de reserva carbonados	Pared celular	Habitats principales
Chlorophyta	Algas verdes	Unicelular o con ramificaciones a y b	Clorofilas a y b	Chlamydomonas	Almidón (α-1,4-glucano), sacarosa	Celulosa	Agua dulce, suelos, marinas
Euglenophyta ^a	Euglenoides	Unicelular flagelados	Clorofilas a y b	Euglena	Paramilón (β-1,2-glucano)	No	Agua dulce,
Chrysophyta	Diatomeas algas pardas,	Unicelular	Clorofilas a, c, y e	Nitzschia	Lípidos	Muchos contienen dos componentes superpuestos de sílice	Agua dulce, suelo, marinas
Phaeophyta	Algas pardas	Filamentosas con ramificaciones, a y c, ocasionalmente grandes y se parecen a las plantas	Clorofilas a y c, xantofilas	Laminaria	Laminarina (β-1,3-glucano), manitol	Celulosa	Marinas
Pyrophyta	Dinoflagelados	Unicelular flagelado	Clorofilas a y c	Gonyaulax	Almidón (α-1,4-glucano)	Celulosa	Agua dulce, marinas
Rhodophyta	Algas rojas	Unicelular, filamentosas con ramificaciones	Clorofilas a y d, ficocianina, ficoeritrina	Porphyra	Ficodieno (α-1,4 y α-1,6-glucano), floridano (α-1,4 y α-1,6-glucano), floridósido (glucosil-galactósido)	Celulosa	Marinas

^a Este grupo también se considera en los protozoos (véase Sección 18.4).

Chlorophyta, algas verdes, principalmente de agua dulce, con un cloroplasto por célula, con centros de formación de almidón llamados pirenoides, presentan movilidad por los flagelos, reproducción por fisión, por formación de zoosporas asexuales flageladas o por modos sexuales isogamos o heterógamos. La reproducción asexual queda inmóvil retrayendo sus flagelos y ocurre una fisión longitudinal del protoplasto (sin pared celular) para formar 2, 4 u 8 protoplastos hijos, que luego desarrolla flagelos y construyen nuevas paredes celulares, son liberadas de la pared celular y de la madre. Figura 4. En las clamidomonas bajo ciertas circunstancias ocurre reproducción asexual, una es por compatibilidad entre los tipos que se aparean, uniéndose los gametos y formando cigotos.

Cryptophyta, algas pardo-doradas, con predominio de flagelos, las formas ameboides ingieren alimento por pseudópodos, incluyen también formas no móviles cocoides y filamentosas.

Difieren de las verdes por la incorporación frecuente de sílice, la mayoría son unicelulares aunque también forman colonias, reproducción comúnmente asexual por fisión binaria ocasionalmente sexual por isogamia, ejemplo Ochromonas y Chrysamoeba. Las diatomeas son la forma más abundante del plancton Ártico, en una amplia variedad de formas. Ver figura 5.

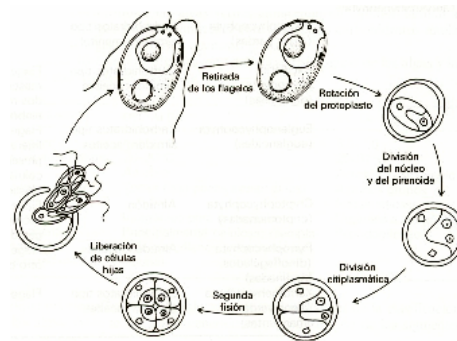


Figura 4. reproducción asexual de una especie clamidomonas.[3]

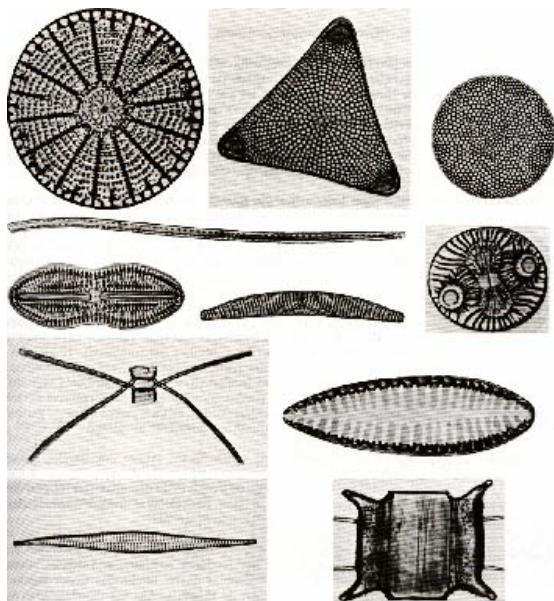


Figura 5. Diatomeas que abundan en aguas dulces y saladas. Con paredes con sílice, aumentos de 400X a 800X [3].

Euglenophyta, son unicelulares, móviles por flagelos, en el agua forman una película aterciopelada, tiene características animal y vegetal, no posee celulosa en la pared celular, con vacuolas contráctiles y microtúbulos de células animales y cloroplastos que realizan fotosíntesis, autótrofo facultativo que son características vegetales, algunos ingieren alimento a través de la abertura transitoria adyacente al esófago. Ver figura 6.



Figura 6. Microscopia por contraste de fases de Euglena [4]

Pyrrophyta, incluye dinoflagelados, reproducción asexual de una célula.

Líquenes: Es un organismo compuesto de un alga o de una cianobacteria y de un hongo que crecen juntos en simbiosis, aparentemente el alga y la cianobacteria proporcionan alimento al hongo, el hongo se nutre por raíces haustorios, que penetran en la célula fotosintética. Morfológicamente hay una capa inferior que se fija al sustrato a cordones de hifas denominados rizinas que sirven de anclas. Existen dos clases de líquen, los foliosos y los fruticulosos, crecen en forma de mata y pueden tener hasta 10 cms de longitud. Se reproducen por procesos vegetativos.

Las algas difieren de hongos y bacterias en la capacidad de realizar fotosíntesis, su producción de oxígeno ha sido acoplada con la demanda de oxígeno de las bacterias en lagunas de estabilización.

Identificación

La presencia de pigmentos fotosintéticos al igual que su clasificación

Observación

Principalmente en fresco y para recuento el método de Sedgwick-Rafter y el conteo en placa. En cultivo puro no es posible aislarlas como si ocurre con hongos y bacterias, solo unas pocas formas simples como *Chorella* en medio agar tristona glucosa, son autotróficas, utilizan compuestos inorgánicos para su protoplasma, CO_2 , amonio. Ver figura 7.



Figura 7. Cultivo de *Chorella* [4]

Clasificación sanitaria de las algas

Constituyen un grupo de microorganismos muy importante desde el punto de vista hidrológico. Forman parte del tipo de microorganismos perturbadores de la calidad del agua. La presencia de algas en el agua bruta y/o tratada puede traer una serie de problemas tales como: rápida obstrucción de las cámaras superiores de filtros lentos, llevando a un aumento en la frecuencia de limpieza y reducción de la capacidad de producción del agua tratada, sabor y olor, formación de Thialometanos, corrosión del sistema de abastecimiento, liberación de toxinas, con efectos que puedan variar desde desórdenes intestinales y hepáticos hasta daños orgánicos, disfunción neuro-muscular, cancer y muerte, modificaciones de la alcalinidad y pH, incidencia sobre el color y la turbiedad del agua. También se han encontrado en sistemas de enfriamiento con deterioro de metales. Ver tabla 2. [6]

Tabla 2. Grupos comunes de algas

Group	Temperature Range °C	°F	pH Range	Examples
Green Algae	30-35	86-95	5.5-8.9	Chlorella – common unicellul Ulothrix (1) – filamentous Spirogyra – filamentous
Blue-Green Algae (Contain Blue Pigment)	35-40	95-104	6.0-8.9	Anacystis – unicellular slime Phormidium – filamentous(1) Oscillatoria(2) causes the most severe problems
Diatoms (Brown Pigment and Silica in Cell Wall)	18-85	64-186	5.5-8.9	Fragilaria Cyclotella Diatoms(1)

(1) These algae may occur in cooling water with as much as 120 ppm chromate present.
(2) Oscillatoria will grow at 186°F and at pH 9.5.

Algas sapidas y olorosas

Para abastecimientos de agua potable se requiere que no existan olores y sabores anormales y dañinos, en aguas sin purificar las algas son las principales responsables, le sigue la vegetación descompuesta. La descomposición es efectuada por hongos y bacterias e incluso actinomicetos. La vegetación putrescente a menudo se compone de algas muertas. Los olores se producen en virtud de la actividad de los hongos y bacterias por los productos intermedios formados durante la putrefacción, especialmente en el caso de los actinomicetos.

Las algas suelen producir “olor aromático” a flor ó vegetal, pescado, césped, mohoso, terroso y séptico o pútrido.

Los sabores que producen la algas raramente son independientes de los olores y a menudo se confunden con ellos, no se sabe de de sabores salinos, más si dulces, amargos y agrios. Entre las principales algas odoríferas se encuentran: Synura, Sinobrium y Asterionella. Las algas verdes suelen establecer menos olores y sabores al agua. En realidad su desarrollo puede ayudar a dominar el de las algas verde-azules y diatomeas, constituyendo así un factor positivo para el control de la calidad del agua, sin embargo, algunas como Hidrodictyon (“red de agua”), Staurostrum, Nitella y Chara (“costra de piedra”) y Sictyosphacrium se consideran los peores agentes dañinos entre las algas verdes. Ver figura 8.

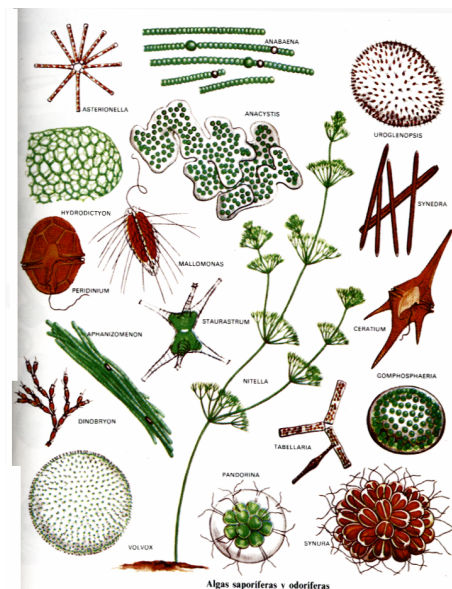


Figura 8. Algas sápidas y olorosas [5]

Algas obturadoras de filtros

Al pasar el agua por un filtro de arena, en las plantas purificadoras, los espacios que quedan entre los granos de arena se llenan de partículas coloidales y sólidas que habían estado dispersas en el agua. Si el agua sin tratar procede de una fuente superficial, las algas que invariablemente se encuentran presentes, aparecerán representadas en el

material acumulado en el filtro de arena, siendo a menudo la causa principal de taponamiento del filtro. Tanto el filtro de arena rápido como el lento pueden obstruirse con algas, aunque en el lento las algas y otros microorganismos pueden representar un papel útil de purificación, forman una capa suelta y limosa en la superficie de la arena, que actúa por si misma como filtro. El oxígeno liberado por estas algas es utilizada por las bacterias saprofitas y aerobias, hongos y protozoarios que se implantan en el filtro, lo que permite la descomposición y estabilización de la materia orgánica presente en el agua impura.

Las diatomeas por sus rígidas paredes suelen perjudicar más que beneficiar, ya que aceleran el taponamiento del filtro, las más comunes son: *Astarionella*, *Fragilaria*, *Tabellaria*, *Synedra*, *Navícula*, *Cyclotella*, *Diatoma* y *Cymbella*.

Algas verde-azules taponadoras de filtros: *Anacystis*, *Ribularia*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Spirogyra*, *Chorella*. Ver figura 9.

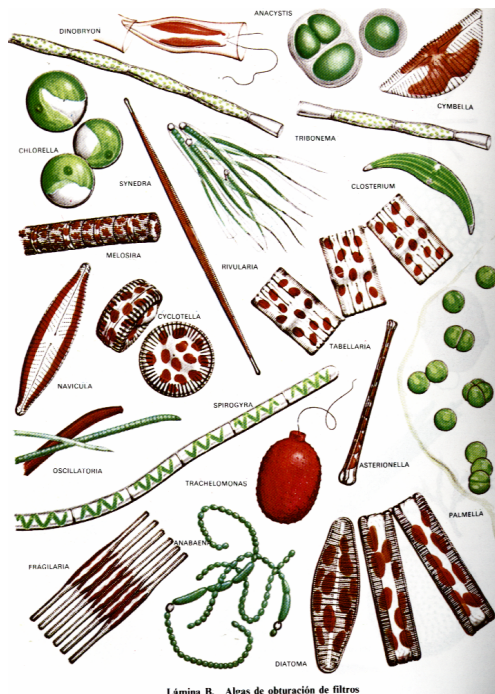


Lámina B. Algas de obturación de filtros

Figura 9. Algas obturadoras de filtros [5].

Algas de aguas contaminantes

Cuando las aguas son contaminadas por desagües domésticos o aguas negras, las algas presentes reaccionan de cierta manera que se considera de gran importancia.

En el proceso de purificación natural las algas oxigenan el agua y utilizan también los subproductos del proceso de depuración. Por su clase y número las algas y otros microorganismos presentes en la parte contaminada de una corriente, difieren de las que se hallan antes del desagüe de las alcantarillas. A medida que las aguas negras sufren el proceso de descomposición en la corriente, el número y clase de microorganismos continua cambiando, hasta que, en último término, la flora y fauna acuáticas del agua purificada llegan a hacerse en cierto modo similares a las que se encuentran por encima del punto de contaminación. La variación de la población algal en los diferentes puntos o bajo distintas condiciones de contaminación constituye uno de los índices que es posible aplicar a cualquier lugar deseado de la corriente para averiguar la presencia o ausencia de aguas negras u otro desperdicio putrescible, así como para medir el grado de depuración a partir de dichos desperdicios. En este grupo se encuentran: *Chlamydomonas*, *Euglena*, *Navícula*, *Oscillatoria*, *Phormidium* y *Synedra*. Ver figura 10.

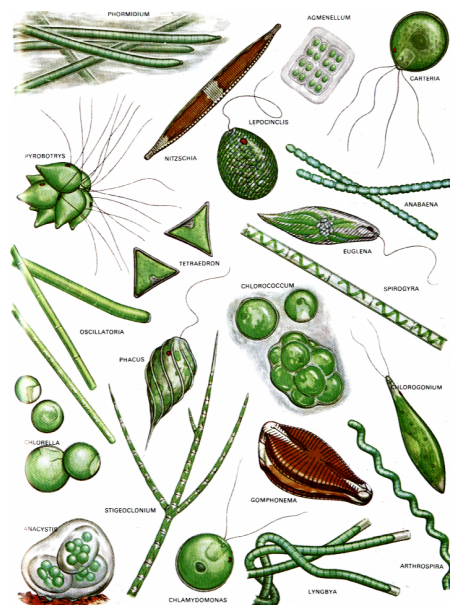


Lámina C. Algas de aguas contaminadas

Figura 10. Algas de aguas contaminantes [5]

Algas de aguas limpias

Algunos autores suelen enumerar las algas de aguas limpias como típicas de la zona oligosapróbica, que es la zona de agua más limpia, donde la mineralización ha sido ya terminada. Sin embargo, desde el punto de vista higiénico, de saneamiento dicha zona es probable de que no este limpia, por cuanto no esta libre de bacterias y virus de origen intestinal. No tiene localización fija ni longitud determinada pues la distancia necesaria para que la corriente se purifique varía en relación con la temperatura, la carga de contaminación, la rapidez de la corriente y otros factores.

Este grupo comprende diatomeas, flagelados de color, ciertas algas verde-azules y unas cuantas algas rojas de aguas dulces, siendo los flagelados mejores indicadores de agua limpia que muchas algas mayores. Entre las especies indicadoras se encuentran: Chadophora, Rhizoclonium, calothrix, Entrophysalis, Coconcis, Ulothrix, Navícula, Micrasteria. Ver figura 11.



Figura 11. Algas de aguas limpias [5]

Plancton y otras aguas poco profundas

Ciertas algas de aguas poco profundas son capaces de acumularse en gran número y formar agregaciones laxas y visibles llamadas "manchas" que a veces abarcan superficies muy extensas de lagos y depósitos o incluso corrientes. Estas manchas pueden estar formadas por algas verde-azules, particularmente durante períodos de calor y sin viento, en que las algas previamente están distribuidas por toda la masa acuática suben a la superficie. En ocasiones estas acumulaciones superficiales hacen que mueran los peces, ya que dificultan el óreo e impiden que penetre la luz necesaria para la fotosíntesis a las capas inferiores y en consecuencia, impiden la liberación de oxígeno o lo agotan en su proceso respiratorio. Algunas de estas acumulaciones superficiales liberan sustancias muy tóxicas para los peces, animales domésticos y aves, que han causado gran mortalidad en ciertas regiones.

Entre los géneros principales se encuentran: Anacystis, Microcystis, Anabaena, Aphanizomenon y Oscillatoria, Hydrodictyon, Chorella y Ankistrodesmus, Synedra, Cyclotella, Synura, Euglena, Euglena y Chlamidomonas. Ver figura 12.

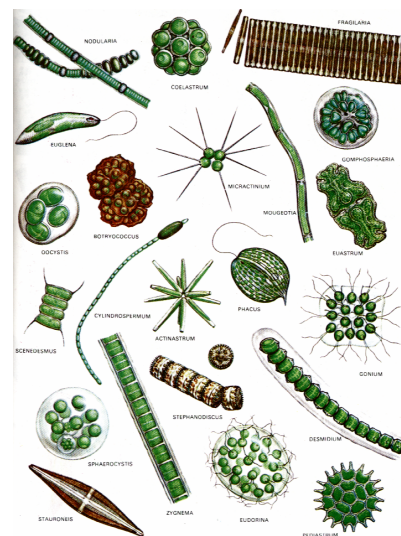


Lámina E. Algas del plancton y otras algas de aguas superficiales

Figura 12. Plancton y algas de aguas someras [5]

Protozoos

Son microorganismos procarióticos unicelulares, carecen de pared celular, móviles, se distinguen de las procariotas por su gran tamaño, de las algas por carecer de clorofila y cloroplastos, de levaduras y hongos por ser móviles y de hongos mucosos por su incapacidad de formar cuerpos fructíferos. Obtienen el alimento por ingestión de otros microorganismos o material particulado. Se encuentran en aguas dulces y saladas, algunos en suelos o en la corteza de los árboles. La mayoría son capaces de fagocitar. Los que se mueven por movimiento ameboide se llaman sarcodina, las que utilizan flagelos mastigosphora, los que usan cilios ciliophora. Los sporozoa son móviles y todos ellos parásitos de animales superiores.

Mastigosphora: los flagelados

Aunque muchos llevan vida libre, algunos son parásitos de animales incluido el hombre, los tripanosomas producen enfermedades graves en humanos y otros vertebrados, incluye la enfermedad del sueño, el parásito se transmite por la mosca tse-tse, género glosina, chupadoras de sangre habitan en África, prolifera en tracto gastro intestinal e invade glándulas salivares y boca de donde se transmite en la siguiente picadura.

Sarcodina: las amebas

De este grupo el género amoeba se mueve por movimiento ameboide en su mayoría son parásitos del hombre y habitan en tracto gastro-intestinal y cavidad oral, su infección aunque en algunos casos puede no producir síntomas visibles, en otros produce disentería amibiana, se ulceran las paredes intestinales como resultado de la diarrea, se transmite por contaminación fecal de las aguas de consumo, existen sarcodinos desnudos y con concha (foraminíferos), estos últimos tienen conchas o testas de carbonato cálcico, la célula puede separarse de la concha debido a su peso, son de naturaleza marina donde se sumergen hasta el fondo, en costas se alimentan de bacterias y detritus orgánico. Ver figura 13.

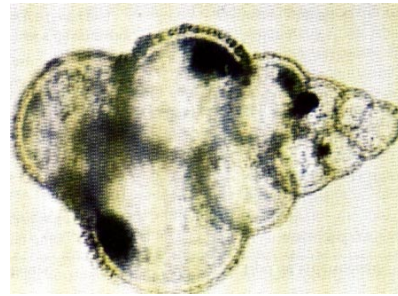


Figura 13. Amebas con concha. Foraminíferos [4].

Ciliopora: los ciliados

Son exclusivos por poseer núcleos de dos clases: micronúcleo, es diploide y macronúcleo, que es poliploide e implicado en la producción de RNA mensajero.

El más conocido es el paramecium, ver figura 14. Obtienen su alimento por una especie de boca, al interior es atrapada en una vacuola. Además los cilios en su movilidad poseen tricocistos, filamentos contráctiles anclados en la capa más externa de la cubierta celular e inmovilizan predadores. La reproducción sexual en los ciliados implica “conjugación” de dos tipos opuestos con intercambio y fusión de micronúcleos con el resultado de la formación de exconjugantes híbridos para ciertos genes de las dos cepas. Muchas especies de paramecium tienen endosimbiontes bacterianos que viven en el citoplasma o en el macronúcleo, ejemplo protozoos que viven en el tracto gastro intestinal de las termitas, el *Balantidium coli*, ocasionalmente infesta el tracto gastro intestinal de humanos, produciendo disentería.

Sporozoa

Todos son parásitos estrictos, se caracterizan por ser inmóviles en estado de madurez y porque se nutren por absorción, como los hongos y procariotas. No forman estructuras de resistencia como los hongos, algas y bacterias sino estructuras llamadas esporozoitos, implicados en la transmisión a un nuevo hospedero vertebrado e invertebrado e incluso en algunos casos ocurre alternancia del hospedador con parte del ciclo en un animal y otra parte en otro, los

filtros de percolación y lodos activados. Ver figura 15.



Figura 14. paramecium, microfotografía de contraste de fases [4].

Con respecto a sus habitats los protozoos pueden dividirse en formas libres y en las que viven de otros organismos.

Colpoda

Perodan

Oidinium

Glanler

Euploea

Stylonychia

Colaps

Paramecium

Spizeloma

Vorticella

Oulite

Trophocotie

Amosba

Euglena

Paramecium

Figura 15. Protozoos de vida libre [5]

Los estados vegetativos o tróficos de los protozoos libres ocurren en agua dulce y salada, suelos y materia orgánica en descomposición. Pueden vivir en cierto rango de temperatura; sin embargo el quiste soporta mayor temperatura. En la naturaleza el punto térmico mortal parece estar entre 36-40°C y la temperatura óptima entre 16-25°C, la temperatura baja parece ser menos perjudicial que la temperatura alta.

La luz y la composición química del agua son otros factores que influyen en la existencia misma de los protozoos en una masa de agua. Ciertos protozoos libres que viven en aguas ricas en materia orgánica en descomposición se encuentran frecuentemente en la materia fecal de muchos animales. En muestras de efluentes de filtros de percolación se han identificado principalmente protozoos ciliados, siendo éstos generalmente los más abundantes en

Protozoos parásitos

Algunos protozoos pertenecientes a todos los grupos viven en el interior de otros organismos. Las relaciones de huéspedes y los protozoos difieren de varios modos, lo cual proporciona las bases para distinguir las asociaciones, tales como: comensalismo, simbiosis y parasitismo.

-comensalismo, es una asociación en la cual un organismo, el comensal se beneficia mientras que el huésped ni se beneficia ni se perjudica, y dependiendo del comensal en el cuerpo del huésped se habla de ectocomensalismo o endocomensalismo. El ectocomensalismo está representado por protozoos que se adhieren a ellos o a otro animal acuático. En general es difícil diferenciarlos pero los protozoos que viven en el lumen del canal alimenticio pueden considerarse como endocomensales, ejemplo en el intestino humano la *Entamoeba coli*.

- simbiosis, asociación de dos especies de organismos que se benefician mutuamente.

Se ha demostrado que la especie *Hypermastigida* presentes en termitas digieren el material celulósico que forma la masa de virutas de madera que los insectos huéspedes ingieren y lo transforman en sustancias glicogenadas utilizadas parcialmente por insectos huéspedes, ambos mueren si se priva uno de otro.

-parasitismo, es una asociación en la cual un organismo vive a expensas de otro, también ocurre endoparasitismo y ectoparasitismo, aunque el primero no se encuentra comúnmente. La *Costia necatrix* ocurre comúnmente en un número enorme, adherida a varios peces de agua dulce en acuarios perfora las células de la epidermis y parece que perturba las funciones normales del tejido huésped. El *Ichthyophthirius* otro ectoparásito de peces, se entierra completamente en la epidermis y se alimenta de las células contribuyendo a la muerte del pez huésped.

Son protozoos endoparásitos del hombre *Entamoeba histolytica*, *Balantidium coli*, *Plasmodium*, *Leishmania* y *Tripanosoma*. Ver figuras 16, 17, 18, 19, 20 respectivamente.

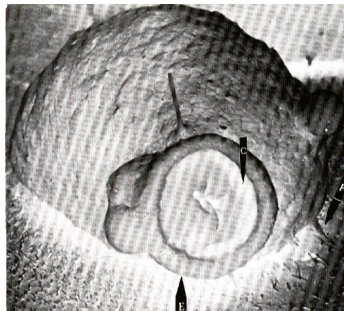


Figura 16. *E. histolytica*, trofozoito visto con microscopio electrónico de barrido, se observa el estoma, canal fagocítico, destruyen la pared del colon [1].

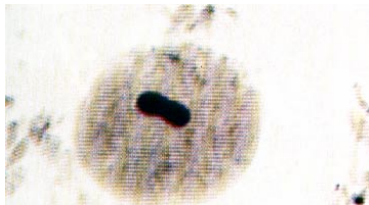


Figura 17. *B. coli*, protozoo ciliado causante de disentería en humanos, la parte más teñida es el macronúcleo [4].

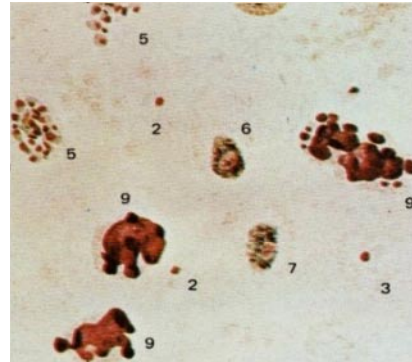


Figura 18. *Plasmodium vivax*, gota gruesa, 2. trofozoitos jóvenes. 3. Trofozoito maduro. 5. Esquizontes maduros, 6. Pre-gametocitos. 7. macrogametocitos. 9. leucocitos. [1].



Figura 19. *Tripanosoma cruzi*, tripimastigotes formas delgadas, en sangre periférica, produce degeneración de las células infectadas seguida por aumento de tejido fibroso, el *T. gambiense* causa el mal del sueño africano, lo más característico es el engrosamiento de la pared arterial [1].

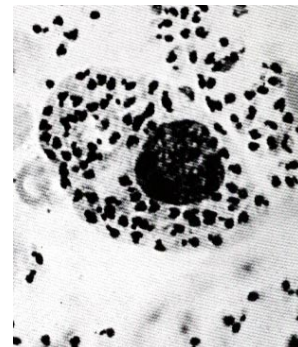


Figura 20. *Leishmania*, extendido de médula ósea con abundantes amastigotes intra y extracelulares, aumenta los macrófagos y dilata el bazo [1].

-Hiperparasitismo, se ha descubierto que ciertos protozoos parásitos parasitan otros protozoos o metazoos parásitos, ejemplo microsporidio *Nosema notabilis* parásito exclusivo de *Sphaerospora polymorpha*, trofozoito mixosporidio, el cual es un habitante común de la vejiga urinaria del sapo.

Identificación

Se pueden observar en su mayoría al microscopio en 100X, todos los protozoos de vida libre y protozoos parásitos, en fresco, son móviles aunque algunos están unidos a partículas sólidas, se observan en su ambiente natural, los protozoos de vida libre rara vez son coloreados porque pierden su forma, mientras que en muchos protozoos parásitos es indispensable la coloración para su identificación.

Hongos

En contraste con las algas carecen de clorofila, de procariotas se diferencian por ser más grandes, poseer núcleos, vacuolas y mitocondrias. prácticamente existen tres grupos importantes: hongos filamentosos, levaduras y setas. Algunos son de agua dulce y otros marina, la mayoría son terrestres importantes en la mineralización del carbono orgánico y un elevado número de hongos son parásitos de plantas, como patógenos de animales son menos importantes que las bacterias y los virus, contienen paredes celulares rígidas, algunos con celulosa, la quitina es un constituyente común, el 80-90% son carbohidratos, todos son quimioorganotrofos, no existen formas quimiolitótrofos. Muestran una gran diversidad en los tipos morfológicos y en su ciclo sexual. La clasificación fúngica se observa en la tabla 3 [4].

La presencia de esporas de hongo en la digestión de lodos de desecho que se crean en el digestor; tienen la habilidad de sobrevivir en ambientes desfavorables por largos periodos de tiempo. Pueden ser aislados de ambientes anaeróbicos tanto hongos como bacterias por sus formas de resistencia, pero la presencia de esporas de

hongo no significa que estas sean activas metabólicamente.

Clasificación y propiedades más importantes de los hongos^a

Grupo	Nombre común	Hifas	Géneros típicos	Tipos de esporas	Habitats	Tipo de enfermedad
Ascomycetes	Hongos	Septadas	<i>Neurospora</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Monascus</i>	Ascosporas	Suelo, material vegetal en descomposición	Tizón del castaño, ergot, podredumbres
Basidiomycetes	Setas	Septadas	<i>Amanita</i> (venenosa) <i>Agaricus</i> (comestible)	Basidiosporas	Suelo, material vegetal en descomposición	Tallo negro, trigo moiz, etc.
Zygomycetes	Hongos del pan	Conocíticas	<i>Mucor</i> , <i>Rhizopus</i> (Deterioro de alimentos)	Zigosporas	Suelo, material vegetal en descomposición	Deterioro de alimentos. Raramente implicados en enfermedades parasitarias
Oomycetes	Hongos del agua	Conocíticas	<i>Albugo</i>	Oosporas	Acuáticos	Cercas, enfermedades de las peces
Deuteromycetes	Hongos imperfectos	Septadas	<i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Candida</i>	Ninguna	Suelo, material vegetal en descomposición, piel de animales	Incluyen parásitos de plantas y animales (pie de atleta, dermatomicosis, infecciones sistémicas) (<i>Candida</i>)

^a Este grupo también es considerado como algas (véase Sección 3.8.1 y Tabla 18.1)

Hongos filamentosos

Los mohos son hongos filamentosos de pan viejo, queso y frutas, cada filamento o hifa crece formando bolas compactas conocidas como micelios. La célula que forma las hifas puede tener varios núcleos, se llama cenocítica. En dirección del extremo de la hifa existe un intenso movimiento citoplasmático a partir del micelio, las hifas buscan la superficie, originando un micelio aéreo que forma esporas llamadas conidios (esporas sexuales fuertemente pigmentadas), su misión es dispersar el hongo a nuevos habitats. La presencia de grandes cantidades de conidios da apariencia pulverulenta. Ya que las esporas son muy abundantes, los hongos son contaminantes habituales de laboratorio y responsables de alergias.

Algunos hongos producen también esporas sexuales formadas como resultado de la reproducción sexual que tiene lugar por fusión de gametos unicelulares o de hifas llamadas gametangios. Alternativamente puede surgir de la fusión de dos células haploides da lugar a un diploide que sufre meiosis y mitosis sucesivas. Dependiendo de que grupo de hongos se trate, formaran distintos tipos de esporas sexuales, las encerradas en sacos se llaman ascosporas y las que se forman en el extremo de una hifa

o basidio se denominan basidiosporas, son resistentes al calor aunque no tan resistentes como las endosporas bacterianas. Los basidiomicetos son capaces de producir celulasas o actividades degradantes de lignina, polímero complejo formado a base de compuestos fenólicos, los basidiomicetos producen la podredumbre de la madera, puede ser marrón que solo degrada celulosa pero no lignina y la blanca en la que ambos polímeros son degradados, esta última actividad es responsable del reciclaje de madera en los bosques. Ver figura 21.

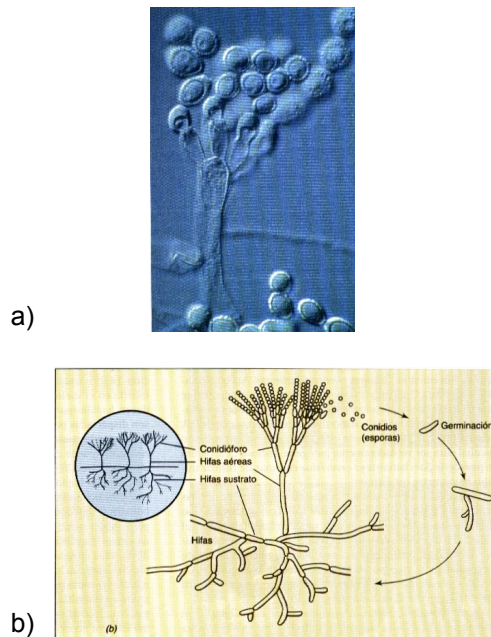


Figura 21. Estructura de un hongo filamentosos y crecimiento. a) Microfotografía de un hongo filamentosos típico, los conidios se ven como estructuras esféricas en el extremo de las hifas aéreas. b) Diagrama de un ciclo celular de un hongo filamentosos [4].

Levaduras

Son unicelulares, la mayoría son ascomicetos, células ovales cilíndricas y se reproducen por gemación, se origina una pequeña yema que se separa de la célula madre. Normalmente las levaduras no desarrollan micelio, sino que permanecen en estado unicelular en el sitio de crecimiento, sin embargo, la *Candida albicans* filamento, en cuya forma es un patógeno puede causar

infecciones vaginales, pulmonares o sistémicas, *Sacharomyces cereviceae* también forma micelios, ver figura 22.

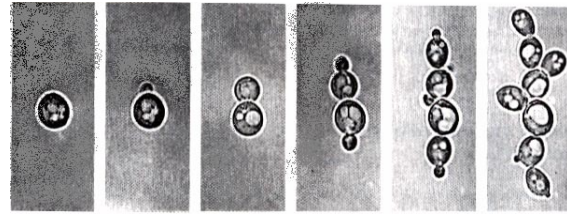


Figura 22. Crecimiento por gemación de *Sacharomyces cereviceae*. Nótese el gran núcleo [4].

Una levadura crece como una célula aislada y cada célula de levadura haploide es capaz de actuar como un gameto. Los tipos conjugativos de la levadura son estructuralmente semejantes y se diferencian dejándoles fusionar. Por fusión de tipos opuestos se forma una célula diploide, en algunos crece vegetativamente formando una población diploide y eventualmente sufre mitosis y forma gametos haploides. Se forman dos tipos de gametos, dos de cada tipo conjugativo opuestos, de cada célula diploide se forma una estructura con cuatro gametos, dos de cada tipo conjugativo, la célula en la que se forman los gametos se llama asca y las células dentro del asca ascosporas. Las células haploides de *Sacharomyces cereviceae* tienen 16 cromosomas, su genoma ha sido completamente secuenciado, el tamaño total del genoma haploide es de 12×10^6 pares de bases aproximadamente 3 veces el de *E.coli*.

Las setas

Son hongos filamentosos que forman cuerpos fructíferos que constituyen la parte comestible que llamamos setas. Muchas viven como micorrizas, como “hongos de la raíz”, esto se refiere a la asociación simbiótica que existe entre los hongos y las raíces de las plantas. Hay dos clases de micorrizas, las ectomicorrizas, las células fúngicas forman una vaina alrededor del exterior de la raíz con una pequeña penetración de las hifas al tejido radicular y las endomicorrizas en las cuales el micelio del hongo se encuentra incrustado en el tejido de la raíz, principalmente en coníferas.

En los bosques casi todas las raíces de los árboles contienen micorrizas, la mayoría de los hongos que forman micorrizas no atacan ni la celulosa ni los restos de hojas, usan carbohidratos para crecer, ver figura “”!!!!!!!, su efecto en las plantas es benéfico ya que esto les permite absorber nutrientes con mayor eficacia que las que no las poseen.

Otras setas viven sobre la materia orgánica en suelo o troncos de los árboles, producen basidiosporas como esporas sexuales que son dispersadas por el viento, el micelio haploide no puede formar un cuerpo fructífero, solo cuando haya fusión con otro forma células dicariotas. Si muchos cuerpos fructíferos maduran simultáneamente pueden aparecer miles de setas de un día para otro. Debido a que son comestibles su producción en gran escala es una actividad económica importante. Ver figura 23.

Hongos mucosos

Son microorganismos eucarióticos no fototrópicos son similares fenotípicamente a hongos y protozoos. Pueden dividirse en dos grupos: hongos mucosos celulares cuyas formas vegetativas se componen de células aisladas semejantes a amebas y los hongos mucosos acelulares cuyas formas vegetativas son plasmodios (protoplasmas), habitan en el material vegetal en descomposición, se alimentan especialmente de bacterias. En trozos de madera en descomposición abundan amebas y plasmodios, emigran a la superficie y eventualmente forman cuerpos fructíferos. Ver figura 24.



Figura 23. *Amanita phalloides*, una seta muy venosa [4].

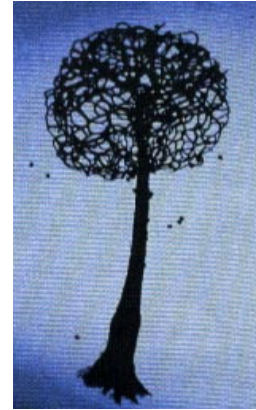


Figura 24. Fotografía de mixomiceto, *Comatricha laxa* [4].

Hongos mucosos celulares

Dictyostelium discoideum, tiene un complejo ciclo celular, se agregan, las células emigran y originan cuerpos fructíferos con esporas, cuando escasean los nutrientes forman un pseudoplasma, perdiendo su individualidad pero no se fusionan completamente. La formación del cuerpo fructífero comienza cuando la masa amorfa migratoria se pone en posición vertical, ver figura 25, las células de adelante se diferencian en pie y las de atrás en esporas, las células de pie secretan celulosa dando rigidez, las células posteriores trepan hasta el extremo superior y se diferencian como esporas que son liberadas y dispersadas, cada espora germina y se convierte en una ameba. Este ciclo es asexual sin embargo se producen esporas sexuales o macrocistos, de agregados de amebas que se encierran en una pared. Como resultado de la conjugación hay una ameba en el centro con gran actividad fagocítica y acaba con todas alrededor, se desarrolla la pared celulósica y termina la formación del macrocisto.

Hongos mucosos acelulares

En forma vegetativa existen como una masa indefinida, que puede compararse con una ameba gigante y desplazarse por movimiento ameboide fagocitando partículas a medida que se mueve los plasmodios se ven cruzando un trozo de madera que ha permanecido húmeda, ver figura 26. Es

diploide se producen dos tipos de estructuras el esporangio y el esclerocio.

-esporangio, hay una secreción de un pie y de una cabeza compleja que encierra esporas, los núcleos en su interior sufren meiosis y se transforman en esporas móviles con paredes gruesas, lo que las hace muy resistentes y permanecen en estado durmiente durante periodos muy largos, cuando germina cada espóra forma de 1 a 4 células que por fisión binaria dan lugar a más o conyugar y dar lugar a un estado ameboide diploide que por divisiones celulares da lugar a un nuevo plasmodio.

-En condiciones de falta de nutrientes forman una estructura de reposo o esclerocio resistente a la desecación, no existe actividad sexual implicada pero puede formar nuevos plasmodios cuando las condiciones son favorables.

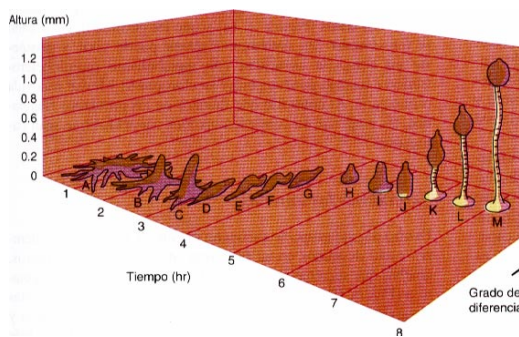


Figura 25. Etapas en la formación del cuerpo fructífero en el hongo mucoso celular *Dictyostelium discoideum*. (A-C) Agregación de amebas; (D-G) Movimientos migratorios del pseudoplasmodio; (H-L) Culminación y formación del cuerpo fructífero; (M) Cuerpo fructífero maduro [4].



Figura 26. Fotografía de mixomicetos, *hemitrichia clavata* [4].

Identificación de hongos

Se identifican por sus características físicas. Dado que tienen muchas fases en su ciclo de vida no es fácil observarlas. Mediante la examinación microscópica que es la clave de la identificación de hongos. Pueden observarse directamente o suspendidos en un líquido coloreados. Son de 5-10 μm a diferencia de las bacterias son de menor tamaño.

Cultivo

Tienen un rápido crecimiento y formación de micelios aéreos sobre savoraund, medio comercial disponible, crece fácilmente a pH de 4.5, (es posible que dejen de crecer muchas bacterias) o en presencia de antibióticos a pH 7, el aislamiento de hongos en cultivo puro requiere el uso de medios sólidos así como las bacterias, en medio líquido se puede observar la forma vegetativa del hongo, generalmente por debajo de la superficie del agar.

Otros microorganismos multicelulares

Comúnmente no son tratados en cursos de microbiología pero es conveniente señalar algunos miembros de aguas naturales como las clases Rotífero y Nematoda. En la estabilización de balsas encontramos corrientemente a la clase Crustacea bajo el grupo Arthropoda, entre ellos langostas cangrejos. Los nematodos o gusanos redondos son, quizá los más abundantes en número de individuos y de especies. Los rotíferos son animales de cuerpo blando que tienen cabeza tronco y un pie cónico, la cabeza tiene generalmente un órgano en forma de rueda o corona de cilios que giran para el movimiento de natación y para crear corrientes que aportan partículas de alimento. El pie es bifurcado en dos dedos, lo que le permite anclarse sobre matas o residuos mientras come, al microscopio es frecuente ver justo debajo de la cabeza la acción interna del órgano de masticación o mastax, con mandíbulas dotadas de dientes, corrientes en sistemas de tratamiento biológico. Ver figura 27.

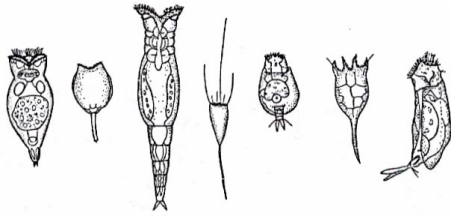


Figura 27. Algunas especies de rotíferos [5]

Helmintos

Comúnmente llamados gusanos, son multicelulares, muchos viven libremente y otros son parásitos de plantas y el hombre. Los gusanos de vida libre y los parásitos tienen grandes diferencias. Los helmintos parásitos tienen tal grado de especialización que algunos no pueden sino vivir en ciertos huéspedes y en ellos presentan localizaciones determinadas. El hombre puede adquirirlos de los animales.

Clasificación

Los de mayor importancia pertenecen al phylum Nemátoda y Platyhelminthes. Los principales helmintos productores de infección humana son: Nemátoda: Trichuris, Ascaris Necator, Ancylostoma, Strongyloides y del phylum plathelminthes: taenia, Schistosoma, Fasciola.

Fisiología y morfología

Los nematelmintos poseen cuerpo cilíndrico, cavidad corporal y tubo digestivo completo mientras que los platelmintos son aplanados, sin cavidad corporal y tubo digestivo rudimentario. Sistema reproductor desarrollado y la mayoría de platelmintos son hermafroditas. Muchos han adquirido órganos de fijación con ganchos o ventosas, las formas larvianas de los helmintos poseen glándulas que secretan sustancias líticas que facilitan la penetración a los tejidos.

Se reproducen por medio de huevos que dan origen a larvas, el modo de transmisión

predomina a través de tierra, la cual se contamina con huevos o larvas que salen de las materias fecales, se les denomina geohelmintiasis, las principales son: ascaris, tricocefalosis, uncinariasis, strongyloidis. En la oxiuriasis no es necesario que los huevos embriones en la tierra y la transmisión se hace directamente de persona a persona.

También ocurre Parasitosis intestinales por helmintos ejemplo: Filariasis en 1878 Manson observo por primera vez un artropodo como vector de filariasis, la transmisión de la filariasis bancrofti por un mosquito del género culex.

Las trematodiasis producidas por platelmintos (la mayoría son aplanados) que tienen dos ventosas tienen ciclos de vida complejos, la mayoría se localizan en sangre y tejidos: squistosomiasis en hígado, fasciolosis en pulmón.

Desde el punto de vista sanitario se propagan por filtros de arena lenta y plantas de tratamiento de desecho aeróbico. Aparecen en gran número en efluentes de aguas desecho secundario. Pueden afectar los ecosistemas de agua fresca por ser fuente de alimento de peces y hongos, lo cual impacta el agua de bebida. Pueden coexistir con nematodos en lechos de filtros, rotíferos protozoos y muchos otros invertebrados sobreviven a los sistemas de filtrado de aguas y emergen vivos en las tapas de aguas domésticas.

Caracterización de nematodos

Tienen cuerpos largos cubiertos por una suave cutícula inflada por un sistema de alta presión de turgencia, algunos tienen una larga cola filamentosa no muscular, con un movimiento sinuoso ondulatorio que le da una gran tasa de velocidad. Los requerimientos de oxígeno son bajos y el metabolismo de algunas especies es cercano al aeróbico. El cuerpo tiene ocho aperturas, primero la apertura oral. Ver figura 28

Para técnicas de recolección y procesamiento ver libro de Métodos Normalizados.

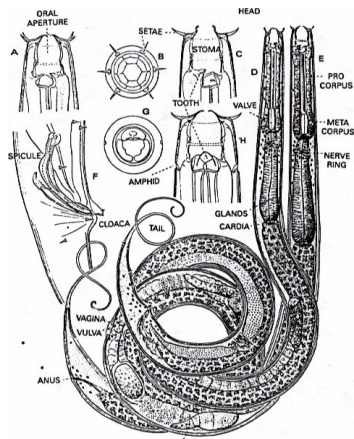


Figura 28 Nematodo [5].

8. Reginald A. Manwell. Introduction to Protozoology. Editorial St Martin's Press. New York, pag 51, 260-262, 367-377. 1961.

9. Richard R. Rudo. Protozoología. Editorial Continental S.A. Mexico, pag 27-39, 847-861. 1969.

En línea: www.cepis.ops-oms.org. Julio 2002.

En línea:
<<http://www.graphic.com.br/reef/algas.htm>>. Marzo de 2002.

En línea:
<<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea05s/ch23.htm>>. Marzo de 2002.

Referencias

1. Botero David, Restrepo Marcos. Parasitosis Humanas. Centro de Investigaciones Biológicas. 1987, 202 pg.
2. Diez de Arango Rocio, Vega Jacome Eduardo. Limnología y Microbiología Sanitaria. Centro de Publicaciones, UN Medellín, 1979.
3. Pelczar J. Michael. Elementos de Microbiología. 1984. Ed. Mc Graw-Hill México, pg 143-195.
4. Brock Madigan. Biología de los microorganismos. Prentice Hall, Madrid 1999. Octava Edición, pg 770-772.
5. Standard Methods for examinations of water and wastewater. 19TH edition. 1995, 10-119i, 10—120i, 10-121i.
6. Curso Básico de corrosión industrial. Sociedad Colombiana de Ingeniería Química. Capítulo Cundinamarca, Bogotá, pag 51. 1997.
7. Bruce E. Rittman, Perry L. McCarty. Biotecnología del medio ambiente principios y aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. España, pag 32-33. 2001.