

PRODUCTORES PRIMARIOS

El fitoplancton comprende un grupo diverso de algas y cianobacterias (denominadas antiguamente como algas verde-azules).

Las cianobacterias carecen de núcleo y de otras estructuras celulares, como los cloroplastos. Presentan un pigmento llamado ficobilina que les brinda su coloración azul. Este grupo tiene representantes unicelulares o multicelulares en forma de colonias o filamentosas. Algunas especies de este grupo son capaces de formar heterocistos, células con gruesas paredes donde la concentración de oxígeno es muy baja en su interior, creando las condiciones óptimas para la fijación de nitrógeno.



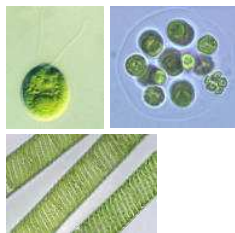
Microcystis



Anabaena

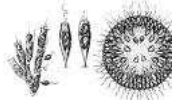


Oscillatoria



FITOPLANCTON

Las algas verdes incluye a un grupo morfológicamente diverso con representantes flagelados planctónicos como *Chlamydomonas*, formas coloniales recubiertas de mucus (*Sphaerocystis*) o formas filamentosas bénticas como *Spirogyra*. Presentan paredes externas de celulosa y clorofila b como uno de sus principales pigmentos.



Las crisofitas reciben el nombre de algas marrones debido a la presencia de carotenoides. La mayoría son unicelulares y cubiertas de una estructura silíceo y calcárea.



Las diatomeas se caracterizan por presentar una pared celular silicificada con múltiples perforaciones y ornamentaciones. Existen formas uni y multicelulares.

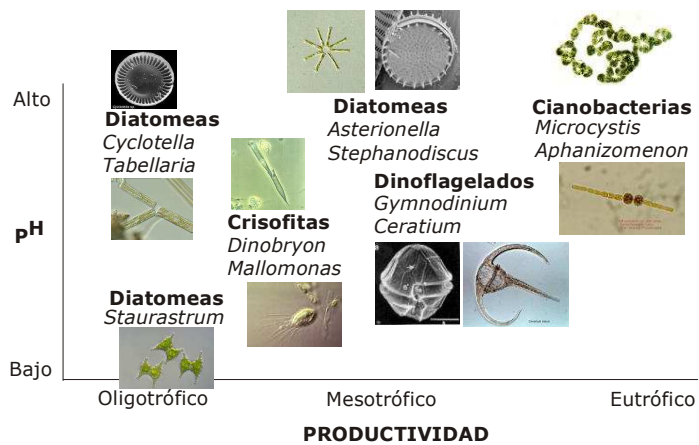
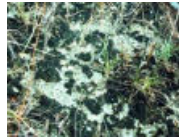


Los dinoflagelados son formas unicelulares flageladas, con o sin gruesas paredes celulares. Los flagelos se ubican en dirección horizontal y longitudinal.

FITOPLANCTON

Las euglenofitas es otro grupo de formas móviles muy abundantes en cuerpos de agua con gran contenido de materia orgánica disuelta. Los euglenoides son heterótrofos facultativos.

Algas perifíticas.



REGULACION DE LA BIOMASA ALGAL

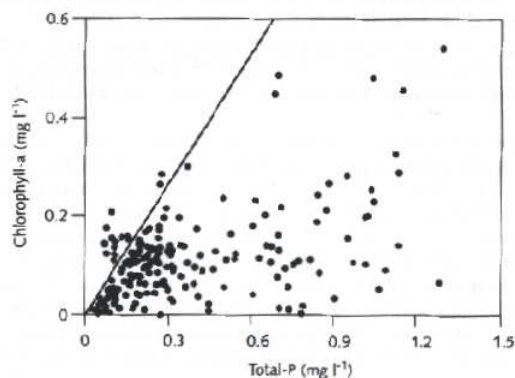
Tradicionalmente, los nutrientes han recibido más atención que otros factores, en este sentido existen una serie de modelos de regresión que describen la relación entre la cantidad de fitoplancton y la concentración de nutrientes.

FITOPLANCTON

La cantidad total de fitoplancton generalmente se cuantifica en términos de números de células, volumen celular total, cantidad de clorofila a o peso libre de ceniza por volumen de agua.

La mayor parte del fósforo total presente en la columna de agua se encuentra contenido en las algas, por lo tanto no es sorprendente que la concentración total de fósforo se correlacione directamente con la clorofila a.

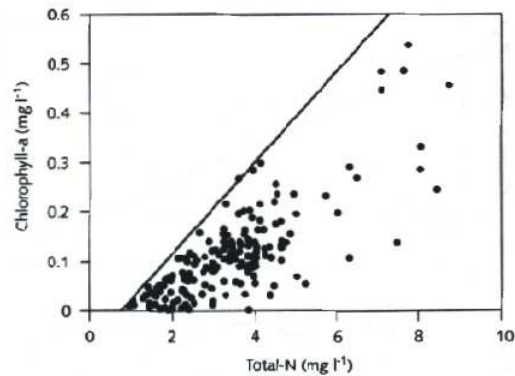
FITOPLANCTON



Tomado de Scheffer (1998).

A pesar que las correlaciones son generalmente significativas, un porcentaje de la variación no es explicada, fundamentalmente en lagos poco profundos.

FITOPLANCTON



Tomado de Scheffer (1998).

El fitoplancton contiene 10 veces más nitrógeno que fósforo, por lo tanto puede transformarse en limitante cuando la proporción es menor a 10 en la columna de agua. Esta situación puede ser observada en sistemas con gran abundancia de vegetación acuática.

FITOPLANCTON

Pérdidas por sedimentación y lavado. Las partículas, así como las microalgas, pueden ser retiradas de la columna de agua por intermedio de la sedimentación o el lavado. Si bien algunas especies tienen capacidad de nado o regulan su flotación, la gran mayoría de las especies carecen de estos mecanismos.

La turbulencia y la resuspensión del sedimento es por lo tanto un factor clave en la supervivencia y crecimiento de algunas poblaciones. Grandes lagos expuestos al viento presentan especies con grandes tasas de sedimentación. El régimen de viento juega un papel clave en la dinámica estacional de reemplazo de especies.

En las zonas litorales o en los bancos de plantas sumergidas la comunidad se encuentra dominada por especies pequeñas con altas tasas de crecimiento y bajas tasas de sedimentación, o especies flageladas que pueden nadar activamente.

Entradas de agua libres de algas pueden determinar pérdidas importantes, y comparables a las de la sedimentación. Cuando el 10% del volumen del lago es reemplazo con agua libre de fitoplancton, tiene una tasa de pérdida de 0.1 d^{-1} . Las comunidad fitoplanctónica se reduce drásticamente cuando esta tasa asciende a 0.3 d^{-1} .

FITOPLANCTON

La profundidad del lago condiciona las tasas de pérdida y resuspensión, pero a su vez, tiene gran importancia en el régimen lumínico que recibe las microalgas.

El efecto de sombra al cual esta sometido el fitoplancton puede ser caracterizado por el coeficiente de atenuación vertical de la luz y la profundidad de mezcla, que en el caso de los lagos poco profundos puede ser igual a la profundidad del propio lago.

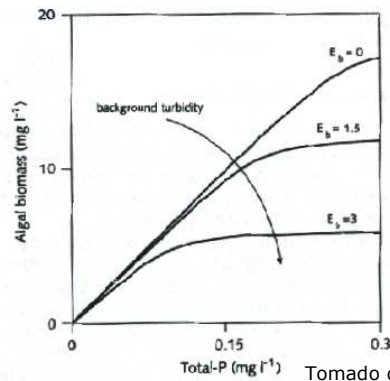
FITOPLANCTON

Interacción de luz y nutrientes. En general la biomasa algal se incrementa a medida que la concentración de nutrientes aumenta, alcanzando un valor máximo donde la limitación de la luz impide un mayor desarrollo. Este último valor depende de la profundidad del lago.

En condiciones de nutrientes elevados, la abundancia de algas aumenta cuando la profundidad decrece hasta alcanzar la limitación por nutrientes.

FITOPLANCTON

La contribución de la resuspensión del sedimento a la turbidez puede ser muy importante en algunos lagos someros. El efecto esperado de esta turbidez puede ser explorado de acuerdo al siguiente modelo.



Tomado de Scheffer (1998).

De acuerdo al modelo, la biomasa predicha es menor cuanto mayor es la turbidez originada por la resuspensión.

FITOPLANCTON

Control por herbívoros. Si bien las condiciones de luz y nutrientes pueden resultar adecuadas, una parte del fitoplancton es removido de la columna de agua por consumo.

En la mayoría de los sistemas de agua dulce, el zooplancton es el principal consumidor del fitoplancton. El impacto potencial del grazing del zooplancton se ejemplifica en las fases de agua clara que se registran en primavera, asociado a la elevada abundancia de cladóceros.



Además de *Daphnia* y otras especies pelágicas, existen una gran diversidad de filtradores más pequeños en las plantas sumergidas. Cladóceros asociados a las plantas como *Sida crystallina* o *Simocephalus vetulus* registran grandes abundancias en estos compartimientos, constituyendo en un factor clave de la menor biomasa algal.



A diferencia de los sistemas estuarinos, los bivalvos son menos abundantes en los lagos de agua dulce, sin embargo existen importantes excepciones, como *Dreissena polymorpha*, *Corbicula fluminea* o especies de *Diplodon* en América del Sur.

FITOPLANCTON



Competencia entre algas y cianobacterias.

En la descripción de la comunidad fitoplanctónica, además de su biomasa es importante considerar el porcentaje de cianobacterias. Algunas especies de este grupo forman colonias que no son consumidas por los herbívoros (inedible). Además, varias de las especies son tolerantes a la sombra y pueden crecer a una mayor turbidez que el resto de las microalgas.

FITOPLANCTON

Los géneros más conspicuos tipo filamento o colonia son: *Planktothrix*, *Limnothrix*, *Oscillatoria* & *Lynbya*, *Microcystis*, *Anabaena* y *Aphanizomenon*.

Los factores determinantes en la disminución del consumo son el tamaño de las colonias y la producción de toxinas.

Varias especies de cianobacterias presentan dos características muy importantes, capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y regular su flotación y posición en la columna de agua.

La dominancia de cianobacterias filamentosas se asocia directamente con las condiciones de eutrofia, aunque el porcentaje de cianobacterias no se encuentra correlacionado directamente con la concentración de TP. Sin embargo, con cualquier indicador de disponibilidad de luz en la columna de agua se obtienen mejores relaciones.

FITOPLANCTON

La información empírica demuestra que las condiciones de sombra promueven la dominancia de cianobacterias como *Oscillatoria*, pero a su vez esta promueve condiciones de sombra. Este tipo de mecanismo implica un proceso de retroalimentación positiva en el desarrollo de blooms.

Las consecuencias de este proceso pueden ser rápidamente comprendidas en el siguiente modelo gráfico simple, basado en datos empíricos.

El modelo gráfico implica que la respuesta al cambio de nutrientes tiende a ser discontinuo o de tipo catastrófico. A medida que aumenta la concentración de nutrientes se incrementa la turbidez, esta respuesta se mantiene hasta alcanzar el valor crítico de fósforo (P_2), por encima de ese nivel solo pueden dominar las cianobacterias. El mismo proceso de cambio rápido ocurre durante la oligotrofización.

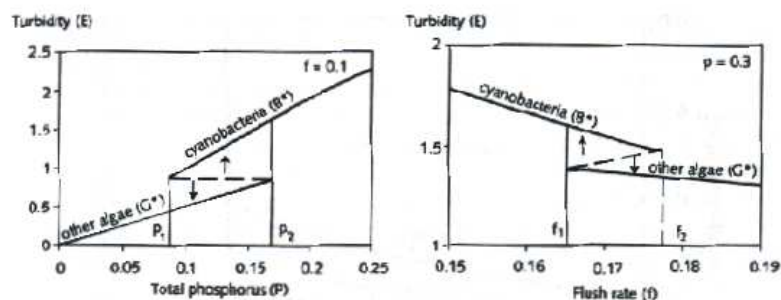


Fig. 3.22 Hysteresis shown as the response of the turbidity (E) with respect to the control parameters total-P (P) and flush rate (f). Modified from Scheffler *et al.* (1997a).

Otro factor importante que condiciona la dominancia de cianobacterias, es el tiempo de retención hidráulica del lago. Este factor también condiciona un cambio de tipo catastrófico pero de forma inversa al anteriormente mencionado. La evidencia indica que la dominancia de cianobacterias nunca ocurre en los lagos cuyo tiempo de retención es menor a 5 días, aunque estos lagos tenga una elevada concentración de nutrientes.

Competencia multiespecífica y sucesión.

Los modelos de eutrofización así como los estudios descriptivos encuentran numerosas dificultades cuando se analiza las respuestas de esta comunidad a nivel específico. La gran diversidad en el plancton indica una dinámica de no-equilibrio condicionado por factores alogénicos y autogénicos.

FITOPLANCTON

La sucesión de esta comunidad puede ser abordada en el contexto del marco teórico de la sucesión vegetal terrestre, sin embargo las escalas de tiempo difieren drásticamente. El tiempo de generación de las microalgas es mil veces menor que la vegetación terrestre. Un verano en la dinámica del plancton es comparable a siglos en la vegetación terrestre.

La sucesión de esta comunidad es interrumpida por disturbios externos (por ej. cambio de temperatura, nutrientes, etc.). Sin embargo, en ausencia de estos factores externos el régimen de reemplazo de especies corresponde a un régimen caótico.

TIPOS ESTRUCTURALES O FORMAS DE VIDA

MACROFITAS

Macroalgas



Hepáticas



Helechos



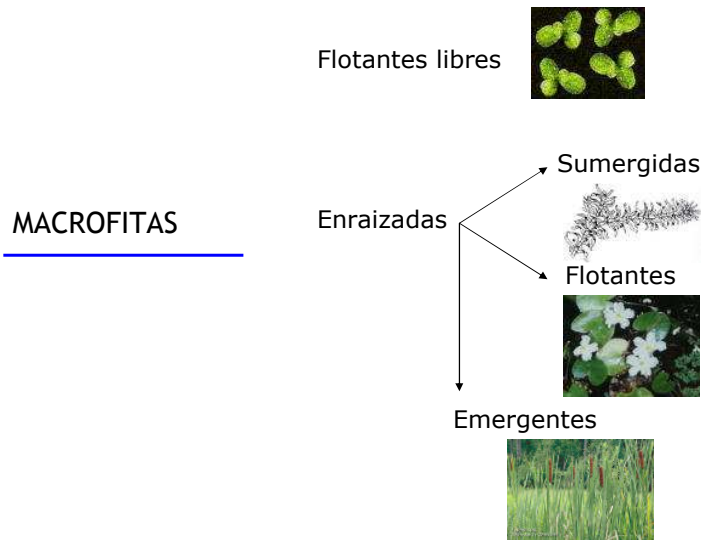
Gimnospermas



Angiospermas



TIPOS ESTRUCTURALES O FORMAS DE VIDA



Los descriptores de la vegetación son:

Cobertura

Biomasa

PVI. Plant Volume Infested

MACROFITAS

Regulación de la abundancia.

Gran parte del conocimiento sobre los factores que inciden en la distribución de la vegetación acuática provienen del análisis de la zonación espacial de la vegetación. La luz, tipo de sustrato (granulometría y concentración de nutrientes) y acción de las olas controlan la distribución de las macrófitas en los lagos.

Una serie de antecedentes demuestran que la profundidad máxima que coloniza la vegetación acuática depende de la transparencia de la columna de agua. Obviamente la importancia de este efecto dependerá de la forma de vida y su arquitectura.

MACROFITAS



Plantas bajas o de altura limitada como la carófitas son totalmente dependientes de la luz. En cambio, especies que pueden crecer en altura y formar doseles en la superficie del agua como *Potamogeton pectinatus* o *Hydrilla verticillata* pueden habitar sistemas turbios.



En varios sistemas templados fríos se ha observado reemplazos de *Chara* por *Potamogeton* a medida que aumenta la turbidez del sistema y viceversa.

En el caso de la vegetación sumergida, el desarrollo del perifiton puede limitar aun más la disponibilidad de luz.

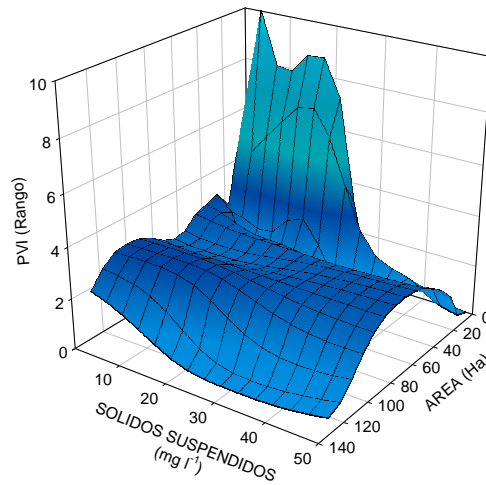
La **temperatura** tiene una fuerte influencia en los ciclos de crecimiento y senescencia de la vegetación acuática, así como en la distribución de las formas de vida. Las flotantes libres de gran porte se encuentran confinadas a las zonas tropicales y subtropicales.

MACROFITAS

Con respecto a la **asimilación de nutrientes** y limitación, las plantas acuáticas (principalmente las sumergidas) difieren sustancialmente de la vegetación terrestre. Dependiendo del pH, la concentración de CO_2 en la columna de agua puede ser extremadamente baja, esto se compensa en parte por el uso de bicarbonato como fuente de carbono adicional.

Las plantas acuáticas pueden incorporar los nutrientes vía raíces, o tallos en el caso de la vegetación sumergida, sin embargo la primera vía es la más relevante.

MACROFITAS



La **acción de las olas** constituye otro factor de gran importancia en el establecimiento de la vegetación. Sin embargo, este factor presenta varios efectos antagónicos como daño o roturas de estructuras fotosintéticamente activas, o remoción del perifiton asociado. El efecto neto es difícil de predecir.

MACROFITAS

El **consumo** de la vegetación acuática es ejercida por una gran diversidad de organismos, macroinvertebrados, peces, aves y mamíferos. En algunos casos pueden controlar el crecimiento o pueden evitar los procesos de colonización como se ha descrito en una gran cantidad de ejemplos de interacciones entre la vegetación sumergida y aves. La introducción de peces como la carpa (*Ctenopharyngodon idella*) puede eliminar totalmente la vegetación sumergida.



**INTERACCIONES
FITOPLANCTON-
PLANTAS
ACUATICAS**

La vegetación acuática y el fitoplancton compiten directamente por recursos como la luz y los nutrientes. La vegetación acuática reduce drásticamente la disponibilidad de luz en la columna de agua, la magnitud de esa reducción depende de la forma de vida y arquitectura. Las plantas sumergidas que pueden acumular un porcentaje importante de la biomasa sobre la superficie o las plantas flotantes libres limitan o impiden totalmente el acceso a la luz por parte del fitoplancton.

La disponibilidad de nutrientes puede reducirse debido a la asimilación de las macrófitas, sin embargo, varios antecedentes no indican disminución en la concentración de fósforo. Por el contrario se ha observado aumento al comparar sitios vegetados y sin plantas. En contraste, concentraciones muy bajas de nitrógeno inorgánico han sido registrados en los stand de plantas. En los compartimentos vegetados operan otros elementos además de la asimilación vegetal, la asimilación por parte del perifiton o la denitrificación.

**INTERACCIONES
FITOPLANCTON-
PLANTAS
ACUATICAS**

Las macrófitas cuentan con la producción de sustancias alelopáticas, sin embargo la mayoría de los antecedentes solamente demuestran efectos de supresión limitados, aunque algunas cianobacterias pueden ser muy sensible a estos exudados.

La vegetación reduce drásticamente el movimiento de la columna de agua y la resuspensión, por lo que solamente las microalgas que pueden controlar su flotabilidad o que presentan movimiento propio pueden establecerse.

La presión de consumo o de grazing sobre el fitoplancton puede aumentar en la vegetación acuática. Esto puede deberse a la migración horizontal del meso y macroherbívoros pelágicos o a la presencia de especies de cladóceros asociados a plantas.

INTERACCIONES
FITOPLANCTON-
PLANTAS
ACUATICAS

