

## LOS MACRÓFITOS DE LAS AGUAS CONTINENTALES

¿Qué son los macrófitos?



### CLASIFICACIONES

**HYNES (1970)**

**Aproximación espacial:**  
lugar que ocupa

**Aproximación morfológica:**  
forma de crecimiento

**Supervivencia:**  
adaptaciones ambientales

**Enraizados en el sustrato**

- emergentes
- de hojas flotantes
- sumergidos

**Flotantes libres**

**MARGALEF (1983)**

**Fijos en el sustrato**

- haptófitos: posados
- rizófitos: enraizados

**Errantes**

- pleuston: interfase agua-aire
- bentopleuston: entre dos aguas

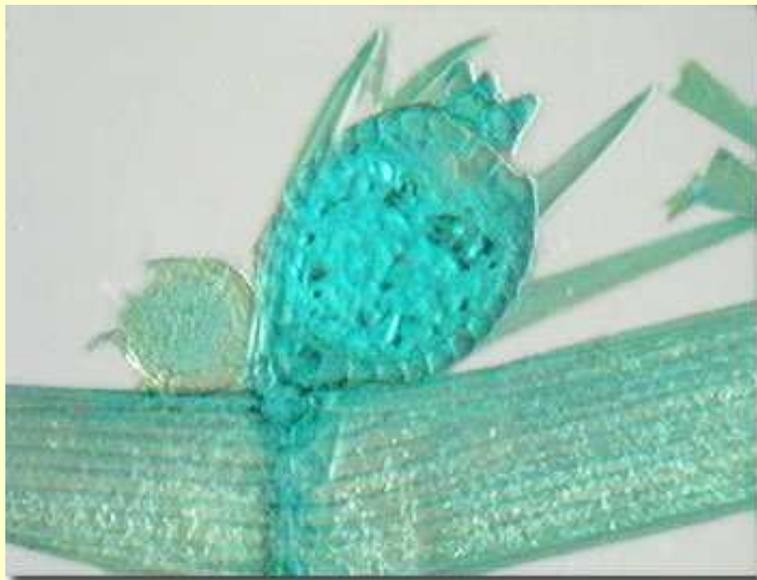
- Helófitos: emergentes
- Anfífitos: hojas flotantes
- Limnófitos: sumergidos

## Carófitos



Chara

<http://www.fishfarmsupply.ca/images/Plants/Chara/chara2.jpg>



<http://micro.magnet.fsu.edu/optics/olympusmicd/galleries/oblique/images/chara2.jpg>



Chara hispida

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ac/CharaHispida.jpg/260px-CharaHispida.jpg>

- **Clorofíceas**
- **<100 especies**
- **Aguas dulces y salobres**
- **Hasta 1 m de altura**
- **Reproducción sexual oógama**
- **2 tribus: Chara y Nitella**

### *Chara* sp.

- **Aguas mineralizadas**
- **Incrustaciones de  $\text{CO}_3\text{Ca}$**
- **Aguas pobres en fósforo**
- **Compiten con el plancton**
- **Inhiben a larvas de mosquitos**

## Briófitos: Musgos y Hepáticas



- **25.000 especies**
- **>Profundidad que carófitos**
- **Aguas dulces, temporales y cálidas**
- **Espacios aeríferos en el interior de hepáticas**
- **No usan el  $\text{CO}_3\text{H}^-$  como fuente de carbono**
- **El crecimiento es lento, limitado por la difusión del  $\text{CO}_2$**

*Riella helicophylla*

## Fanerógamas

- **Dicotiledóneas (10 familias, 400 especies)**
- **Monocotiledónes (18 familias, 450 especies)**
- **Sin lignificación. Sólo en helófitos**
- **Profundidad de < 10 metros**
- **Reproducción sexual: flores, polen..**
- **Reproducción asexual:**  
**fragmentación, estolones, ...**



*Ruppia sp.*

## ADAPTACIONES AL MEDIO

### • Superabundancia de agua



### • Sistema de sacos aeríferos

### • Mayores tasas de evapotranspiración



### • Menor inestabilidad en relación con la temperatura



### • Mayor duración del período de crecimiento en los sumergidos

•Reducción de la luz bajo el agua —————> Adaptaciones



**Macrófitos emergentes**

- Morfología de la hoja linear
- Orientación vertical
- Maximización de la productividad



**Macrófitos hojas flotantes y enraizados**



- Hojas bien desarrolladas
- Ocupación del espacio luminoso

**Macrófitos sumergidos**



- Hojas más divididas y reticuladas
- Pocas células y muy delgadas en las hojas
- >Densidad de cloroplastos en epidermis
- Muy sensibles a la luz ultravioleta

•<Concentración de  $O_2$  y  $CO_2$

↑ **Caráceas y fanerógamas** → **Aguas alcalinas y ↑ concentración  $CO_3H^-$**

↑ **Musgos y** → ↑  **$CO_3 + CO_3H_2 / CO_3H^-$**  → **bajo pH**

**macrófitos emergentes**

**flotantes enraizados**

**flotantes libres**

↑ **concentración  $CO_2$**

**$CO_2$  atmosférico**



**Sacos aeríferos** → •**Reutilización del  $CO_2$  producido en la respiración**

•**Mecanismo para soportar los movimientos del agua**

•**Sistema efectivo para transportar el oxígeno desde las raíces**

•>**Disponibilidad de nutrientes: desde el agua y desde los sedimentos**

>**En sedimentos: descomposición anaerobia**

**Adaptaciones bioquímicas para la captura de oxígeno**

## **IMPORTANCIA DE LOS MACRÓFITOS EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS**

### **1 Mediadores de transporte entre sedimentos y atmósfera: helófitos**

**Mediadores entre el mundo inorgánico y la comunidad biótica  
incorporando las sustancias en la cadena alimenticia**

---

### **2 Alimento y refugio de la macrofauna**

**Relaciones con algas, epífitos y fitoplancton**

---

### **3 Efecto sobre la composición del agua**

**Eliminación de nutrientes: autodepuración**

**Efectos sobre la contaminación difusa: riberas y humedales**

**Producción de oxígeno y eliminación de sustancias tóxicas**

---

### **4 Estabilizadores de sedimentos**

**Alteración de la velocidad de corriente**

**Influencia sobre los microclimas**

**Influencia sobre la cantidad y calidad de luz consumida**

---

### **5 Producción de materia orgánica**

## **DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LOS MACRÓFITOS**

- **Macrófitos fijos: en relación con la profundidad del agua**
- **En la zona litoral de una laguna: limnófitos, anfifitos y helófitos**

---

- **El sustrato aumenta en importancia en este mismo orden**
- **Macrófitos libres (pleuston): competencia con el fitoplancton**
- **Agotamiento de nutrientes en la superficie del agua**
- **La diferencia en la profundidad de las raíces define un proceso de competencia**

## Fitoplancton y Perifiton

### 1.- LOS AUTOTROFOS

Clasificaciones:

- Por el tamaño:

-**Macrófitos:** Se ven a simple vista; incluyen Fanerógamas, grandes algas, musgos, helechos.

-**Micrófitos:** pequeños, y muchos unicelulares. Incluye bacterias, hongos, algas verde-azuladas, algas "verdaderas"

-**Fitoplancton:** viven en columna de agua

-**Perifiton:** viven sujetos al sustrato.

- Por habitats:

-**Macrófitos:** organismos conspicuos, grandes, sujetos a los fondos y morfológicamente complejos.

-**Epilitos y endolitos:** Los primeros viven en las microzonas de los ríos donde hay corriente de agua, pero el flujo es laminar. Los segundos viven total o parcialmente dentro de las piedras (un ejemplo los travertinos).

-**Epífitos:** Viven sobre macrófitos.

-**Epipsamon y epipelon:** Los primeros viven asociados a granos de arena; los segundos sobre sustratos blandos (p.e. limos).

-**Algas suspendidas o flotantes:** es el fitoplancton (o **potamoplancton** si vive en ríos).

El tamaño también sirve para clasificar al FITOPLANCTON:

-**Ultraplancton:** < 10  $\mu\text{m}$

-**Nanoplancton:** 10-50  $\mu\text{m}$

-**Microplancton:** 50-500  $\mu\text{m}$

-**Macroplancton:** > 500  $\mu\text{m}$

En todo el mundo los componentes del fitoplancton pertenecen a las siguientes familias de algas:

- Cianofíceas (cianobacterias o algas verde-azuladas)
- Clorofíceas (algas verdes)
- Diatomeas
- Crisofíceas (algas marrones)
- Xantofíceas

- Otra Clasificación:

- Holoplancton:** Siempre presentes en el plancton
- Meroplancton:** Parte de su ciclo de vida lo pasan como forma de resistencia o en los sedimentos.

### **Algunas características del fitoplancton**

#### **-Movimientos de las algas en el agua:**

Dos factores controlan la velocidad de crecimiento de las poblaciones de fitoplancton:

\*A una temperatura dada, genéticamente hay un máximo de crecimiento.

\*La disponibilidad de obtener un óptimo de luz y de nutrientes.

Allí donde hay limitación de nutrientes o el sombreado es severo, se produce una estrategia que consiste en “moverse” hasta localizar las “condiciones óptimas”

Muchas especies tienen movimientos diarios y estacionales e incluso algunos que parecen al azar.

Las algas se mueven bien “nadando”, bien por cambios en su densidad.

#### **El efecto de la forma:**

Las algas son más pesadas que el agua, así que tienen una gran tendencia a hundirse.

La mayoría del fitoplancton no son sólo esferas o cilindros, sino que tienen formas muy variadas, que acompañan con espinas, proyecciones para disminuir la velocidad de hundimiento.

**Cambios en la densidad:**

Este efecto ha sido muy estudiado en las cianofíceas. Todas ellas poseen vacuolas de gas, así que pueden flotar.

Una pequeña presión externa colapsa a las vacuolas, pero no a todas, esto ocurre progresivamente.

Como las vacuolas permiten flotar, las cianofíceas se colocan allí donde la luz sea óptima y pueden competir con otras algas.

**-Efectos del tamaño:**

La velocidad de subida o de hundirse (V) cualquier objeto en el agua viene dado por:

$$V = \frac{2}{9} \frac{(p-p') r^2 g}{n \ \$}$$

p= densidad del agua

p'= densidad del objeto

r = radio de la esfera o volumen equivalente

n = viscosidad del agua

g = gravedad

\$ = coeficiente de resistencia de la forma del objeto.

Según esta forma, solo alterando la densidad o el tamaño se puede cambiar el efecto de la forma sobre la velocidad de subir o hundirse.

El radio es importante porque es un término al cuadrado, pero las algas no cambian su tamaño a lo largo de la vida (pero pueden unirse en “colonias”)

El tamaño de la colonia y las vacuolas, controlan la posición de las cianofíceas.

## **DINAMICA DE LAS POBLACIONES FITOPLANCTONICAS**

-El mundo pelágico no es uniforme. La corriente del agua en ríos, las masas de agua en los lagos, los nutrientes y las características químicas provocan un mundo heterogéneo.

-Las poblaciones de algas en los lagos pueden estar “parcheadas” y mostrar modelos muy heterogéneos a distintas escalas de tiempo según distintos parámetros ambientales:

Las poblaciones fitoplanctónicas de los lagos siguen una dinámica estacional con una sucesión de especies:

Para lagos de la región templada ocurre como sigue:

1-Después del invierno, la longitud del día aumenta, también la intensidad de la luz, se rompe la termoclina y se mezclan los nutrientes, →DIATOMEAS.

2-Este es un Bloom de primavera y puede “caer” rápidamente. Los nutrientes se usan rápidamente y las diatomeas van disminuyendo porque van agotando la sílice necesaria para sus caparazones.

3-Las ALGAS VERDES también responden a este Bloom de primavera pero tienden a dominar al final del verano, cuando las diatomeas han “muerto” definitivamente.

4-Un Bloom de CIANOFÍCEAS se produce en verano, ellas tienen varias ventajas evolutivas sobre otros grupos, por ejemplo, toleran las aguas estancadas, condiciones anóxicas, fijan nitrógeno atmosférico y liberan toxinas para suprimir a los competidores.

5-En el otoño cuando la termoclina vuelve a desaparecer y cambian las condiciones de luz, se produce un pequeño Bloom de DIATOMEAS antes del invierno.

6-Este modelo, aunque parece muy general, puede cambiar de año a año. Distintos estudios demuestran que mientras que la diversidad de especies, en un lago, no varía, sí lo hace la abundancia relativa de cada una de las especies.

## VARIACION ESPACIAL DEL FITOPLANCTON

-Casi todo el fitoplancton muestra una variación vertical en su distribución, a lo largo de la zona fótica. Para las diatomeas y las algas verdes, estas variaciones son pequeñas excepto en el gradiente de densidad de la termoclina donde las células se pueden acumular.

-Las algas con movilidad pueden formar concentrados cerca de la termoclina:

-Las cianofíceas crecen mejor a concentraciones bajas de oxígeno, altas de CO<sub>2</sub> y cerca de la termoclina donde los nutrientes son altos.

## A MODO DE CONCLUSIONES:

1. El fitoplancton de aguas continentales es muy diverso y la mayoría de las especies tienen una amplia distribución mundial, lo que refleja su facilidad de dispersión.  
Normalmente las listas de especies de lagos individuales solo reflejan un pequeño porcentaje de los cientos de especies conocidas, lo que sugiere una selección entre el “pool” potencial de especies cosmopolitas, por las condiciones ambientales locales.
2. Las comunidades de fitoplancton suelen estar dominadas por una o unas pocas especies, la mayoría de las cuales tienen un corto periodo de crecimiento restringido a una época del año. El resultado es un continuo cambio de abundancias y especies que componen la comunidad en un año. Cada año ocurre secuencias similares (“sucesión”)
3. Teniendo en cuenta las especies que con mayor frecuencia presentan ciclos anuales de abundancia en lagos separados espacialmente, su periodicidad estacional parece que se repite en cuerpos de agua de similares características en cuanto a morfometría, régimen de mezcla del agua y nutrientes. Algunos autores consideran que el control ambiental sobre la estructura y periodicidad del fitoplancton es ejercida sobretudo a lo largo de dos gradientes: uno de incremento de estabilidad en la columna de agua y otro de disponibilidad de alimento.
4. Las comunidades de fitoplancton presentan un amplio rango de formas morfológicas, tamaños y volúmenes celulares. Muchos datos soportan la evidencia de que en aguas de diferente estado trófico hay distintas proporciones de células grandes y pequeñas y que hay una variación a lo largo de los ciclos anuales.

## EL PERIFITON

-¿Qué es el perifiton?

“La comunidad de microflora que vive sobre la superficie de objetos sumergidos” (WETZEL). Excluye a hongos, bacterias, protozoos y otros pequeños animales que sí están incluidos en la definición alemana de *Aufwuchs*.

-Las comunidades perifíticas se pueden dividir en:

- las que están asociadas con sustratos inorgánicos
- las que están asociadas a sustratos orgánicos.

-En la literatura se usan estos términos:

- epiliton: sobre rocas
- epipelon: sobre fango o limos. Organismos móviles, fácilmente arrastrados por la corriente.
- epipsamon: sobre arena. Igual que antes
- epifiton: sobre macrófitos.

-Algunas especies de perifiton están en contacto con el sustrato mediante la pared celular, formando colonias o sistemas filamentosos. Esta forma de crecimiento contrasta con formas más erectas en las que solo una célula o mucílago basal se pone en contacto con el sustrato. Así hay una gran variedad de formas de crecimiento.

-Las diatomeas suelen ser el grupo dominante en el perifiton, aunque también se encuentran algas verdes y cianofíceas.

-En un estudio sobre la composición del perifiton en 1000 tramos de 20 m de longitud de ríos de Norte América, se recogieron un total de 259 taxones, de los cuales:

- 35 % Clorofíceas
- 24 % Cianofíceas
- 21 % Diatomeas y algunos Crisófitos
- 20 % Rodofíceas

-La composición específica del perifiton varía estacionalmente, y como esto ocurre en fuentes donde la  $T^a$  es constante, sólo la luz puede explicar esta variación.

-En cuanto a la abundancia, hay pocos datos en ríos tropicales, pero para ríos templados parece que existe un modelo estacional:

- 1- Las diatomeas dominan durante el invierno y continúan como principal elemento del perifiton en primavera y principios de verano, aunque cambia la composición de especies.
- 2- La mayor abundancia se detecta en primavera aunque hay un pico secundario en otoño.
- 3- En verano otros grupos pueden ser más abundantes como las algas verdes y las cianofíceas

-Hay un “parcheado” muy importante en la distribución espacial del perifiton, incluso a pequeña escala, que marca un modelo a microescala.

## Factores que controlan la distribución y abundancia del perifiton

- **La Luz:**

- Las algas verdes necesitan altas intensidades de luz.

- Algunas rodofíceas (p.e.:*Batrachospermum*) se encuentra en areas sombreadas.

- Muchas diatomeas parecen no estar afectadas por los cambios de luz.

- En un río artificial se estudió la producción y el metabolismo de comunidades de perifiton adaptadas a dos regímenes de luz. Una recibió unos 6000 lux y fue considerada **adaptada a la luz**; otra recibió 2500 lux y fue considerada **adaptada a la sombra**.

- La comunidad adaptada a la sombra, mantiene alta velocidad de fotosíntesis a bajos niveles de luz. Se desconoce el mecanismo fisiológico por lo que esto ocurre.

- Las diatomeas dominan a bajos niveles de luz, mientras que algas verdes filamentosas, cianofíceas y algas marrones son más abundantes a altos niveles de luz.

- **Los nutrientes**

-El fósforo, nitrógeno y silicio, son potencialmente nutrientes limitantes.

-Aunque se suele entender que en ríos no hay limitación de nutrientes, estudios de campo revelan que puede existir limitaciones para el perifiton.

-Estudios sobre dinámica del perifiton en ríos pequeños de Vancouver, demuestran una fuerte limitación por fósforo.

Las experiencias de enriquecimiento muestran que:

-el enriquecimiento con nitrato no tiene mucho efecto

-el enriquecimiento con fosfato, incrementa en 5 veces el crecimiento

-el enriquecimiento con ambos, incrementa entre 7-8 veces el crecimiento.

-Estudios en el Creek Carp, un pequeño río, pobre en nutrientes demostró que el fosfato era limitante para el perifiton.

-En cuanto al nitrógeno, parece que no tiene igual efecto, según los experimentos realizados. Sin embargo, el efecto es máximo cuando se adicionan ambos nutrientes.

-Parece ser que la adicción de fosfato solamente, reduce el radio N:P y esto puede estimular a las cianofíceas por su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico.

- **La corriente:**

- Influye sobre la distribución del perifiton de muchas maneras:

- Selecciona el sustrato y por tanto las especies que pueden vivir.

- No todas las especies toleran todos los rangos de velocidad de corriente.

- Estudios en pequeños ríos de Tennessee, demuestran que a bajas velocidades de corriente, las diatomeas aparecen empaquetadas con una alta proporción de crecimiento en posición erecta y muchas formas coloniales.

- Muchas de estas mismas especies en aguas más rápidas están en posición postrada.

- A las velocidades más altas las diatomeas están postradas y predominan las especies adherentes.

- Probablemente la distribución del perifiton entre parte alta y parte baja de las piedras de los ríos, tenga esta misma explicación.

- Las grandes avenidas pueden eliminar a la comunidad de perifiton. En el desierto de Arizona, las riadas del Sycamore Creek, eliminan la totalidad de biomasa del perifiton que, sin embargo se restablece a los 60 días de las riadas.

- Aumentos de flujos como consecuencia de lluvias, no solo no eliminan al perifiton sino que pueden aumentar su crecimiento como se demuestra en varios estudios. Esto es respuesta a la entrada masiva de nutrientes desde la cuenca de drenaje.

- **El sustrato**

- **La temperatura**

- **El “pastoreo”**