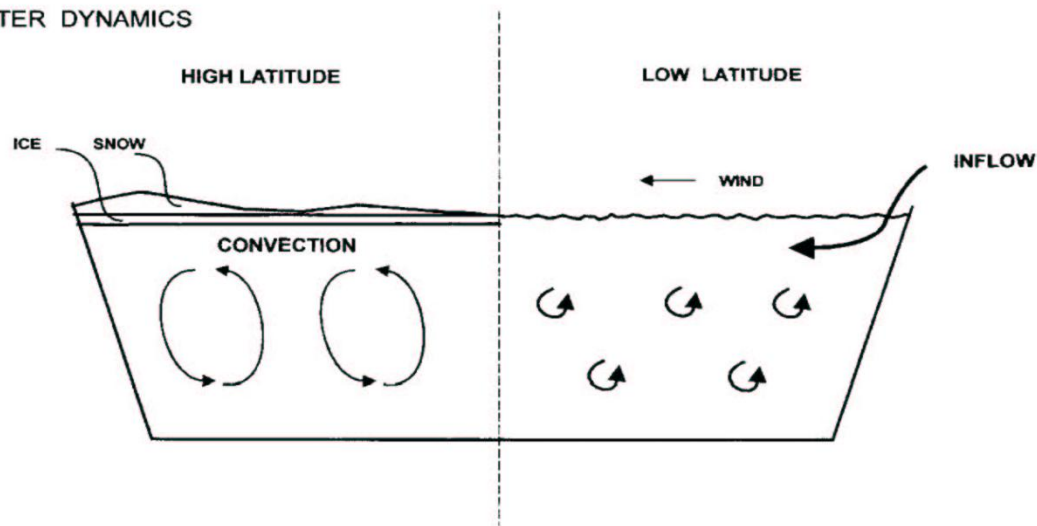


Limnología 2012

**fundamentos
productividad primaria
(PP)
Fitoplancton
Macrófitas**

Vivian Montecino

(a) WINTER DYNAMICS



(b) SUMMER DYNAMICS

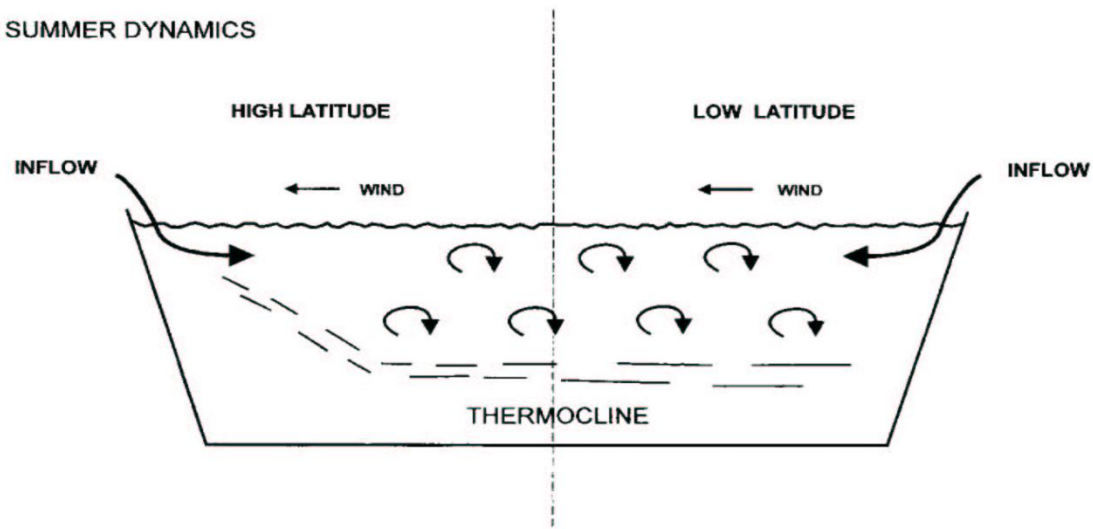
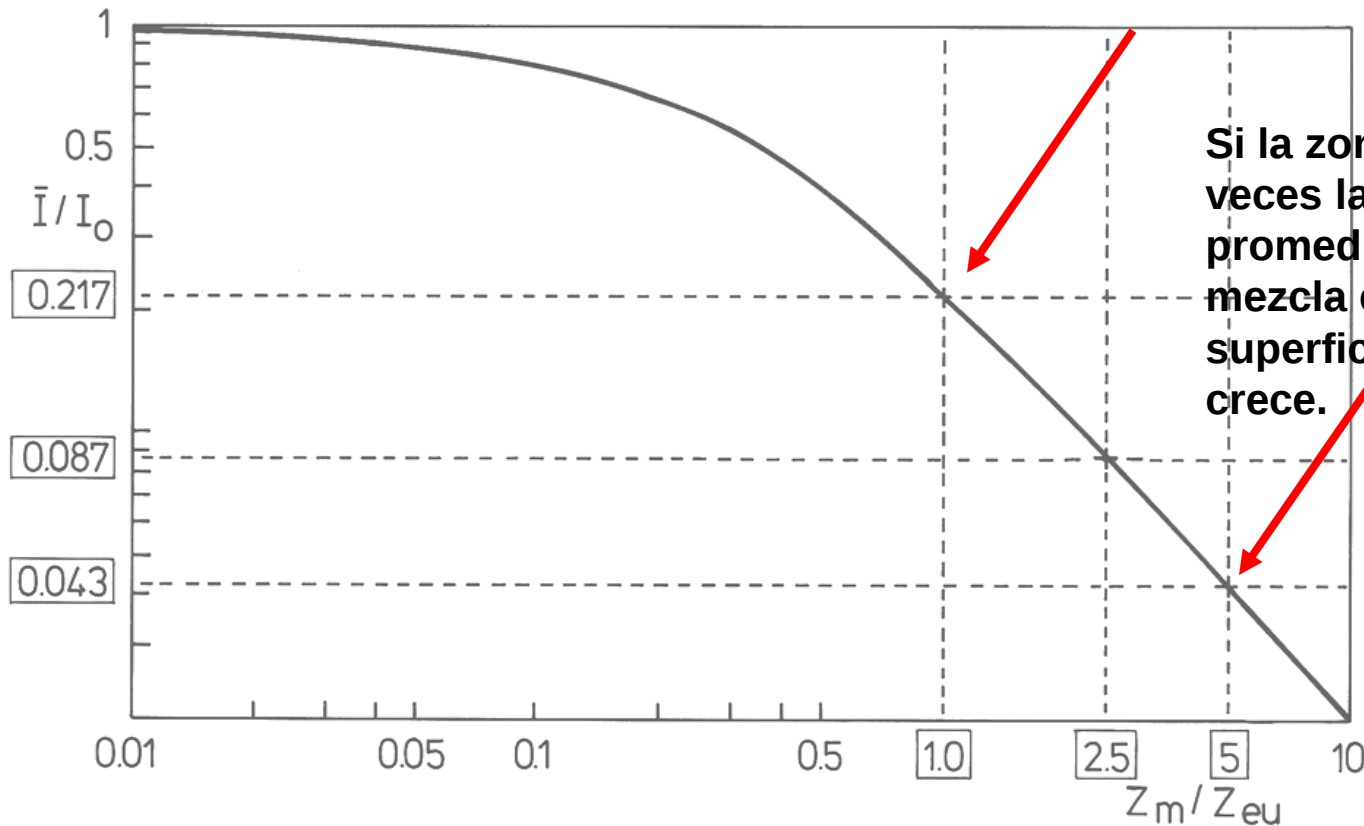


Fig. 10.1 Schematic diagram showing some of the weather-related factors that influence the physical dynamics of lakes and the growth of phytoplankton in: (a) winter and (b) summer.

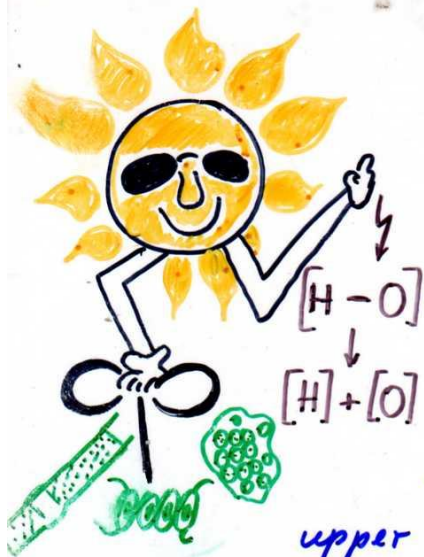
la cantidad promedio de luz disminuye a medida que aumenta la zona de mezcla

Luz es **21.7 %** del valor superficial



Si la zona de mezcla es 5 veces la zona eufótica la luz promedio en la zona de mezcla es **4.3 %** del valor superficial. Fitoplancton no crece.

Mezcla profunda.....
menos luz promedio que recibe el fitoplancton



PRODUCTIVIDAD PRIMARIA

REYNOLDS, C 1984 The ecology of freshwater phytoplankton Cambridge Studies in ecology

JEWSON, D 1984 Measurement of photosynthetically available radiation in freshwater J. Plankton Research 6(2)

TALLING J, 1973 The upper limit of photosynthetic

productivity by phytoplankton: evidence from Ethiopian soda lake. Freshwat Biol 3: 53

Joule (S.I.)

Dina - fuerza sobre 1 masa de 1 gr produce una aceleración de 1 cm / seg

Erg - E liberada por 1 Dina actuando sobre 1 cm

10 000 000 → 1 joule 1 erg = 10^{-7} J

1 Watt = 1 J/s

caloría (gr) 1 gr agua en 1°C Hay 4.2 J en 1 cal

Cuanta (fotones) E relacionada con λ $\begin{matrix} < > 450 \\ > < 650 \end{matrix}$

$E = h\nu$ $\nu = c/\lambda$ $E = \frac{hc}{\lambda}$ ν = frecuencia h = const Planck

El contenido E de fotones (680 nm) = vel luz λ = long onda
de 42 Kcal $\downarrow$ 6×10^{23} No de Avogadro

1 mol de fotones → 1 Einstein

$\downarrow$
cuanta

Radiación-LUZ

5% eficiencia

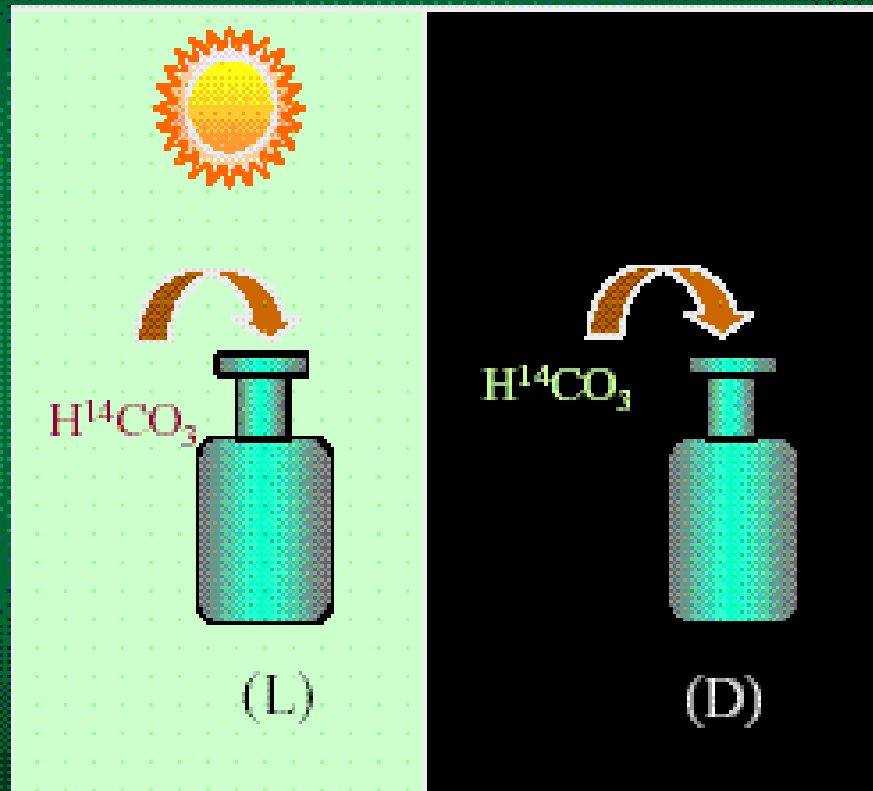
Pierde al espacio

En el medio

RFU



Asimilación de Carbono: Método del ^{14}C



Fotosíntesis calculada como:

$$P = (R_L - R_D) \times [\text{CO}_2] / (R \times t)$$

P = Fotosíntesis

R = radioactividad añadida

R_L = radioactividad en (L)

R_D = radioactividad en (D)

$[\text{CO}_2]$ = concentración total CO_2
en el agua

t = tiempo de incubación

Parámetros básicos de la producción biológica

- **Biomasa (B)** [M vol⁻¹, M área⁻¹]
- **Producción (P)** [M vol⁻¹ tiempo⁻¹, M area⁻¹ tiempo⁻¹]
- **Turnover-recambio (P^B)** [P/B, tiempo⁻¹]
- **Pérdidas (L)** [M vol⁻¹ time⁻¹, M área⁻¹tiempo⁻¹]

Biomasa dada como **carbono** (10-12 % peso fresco), o **clorofila**

Producción dada como **fijación de carbono** o **evolución de oxígeno**

! Producción actual (standing crop**)**

Biomasa en un cierto volumen de agua o área en un tiempo determinado

! Densidad (Standing stock**)**

Número de organismos por unidad de área o volumen

! Biomasa

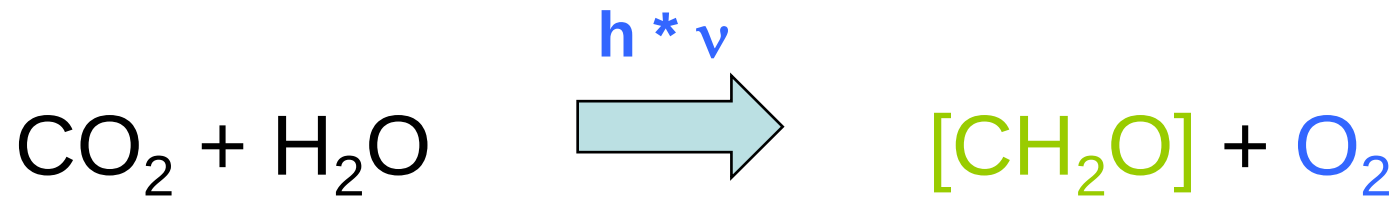
Peso total de todos los organismos en un área dada o volumen

! Biovolumen

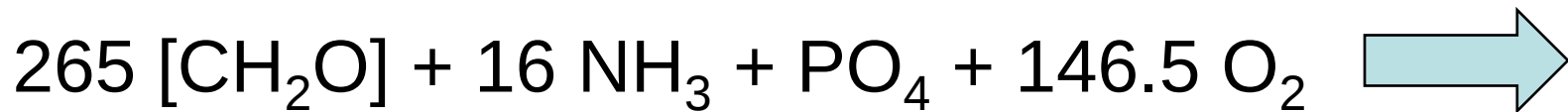
Volumen total de todos los organismos en un área o volumen

PP como un proceso de dos etapas

1. Fotosíntesis:



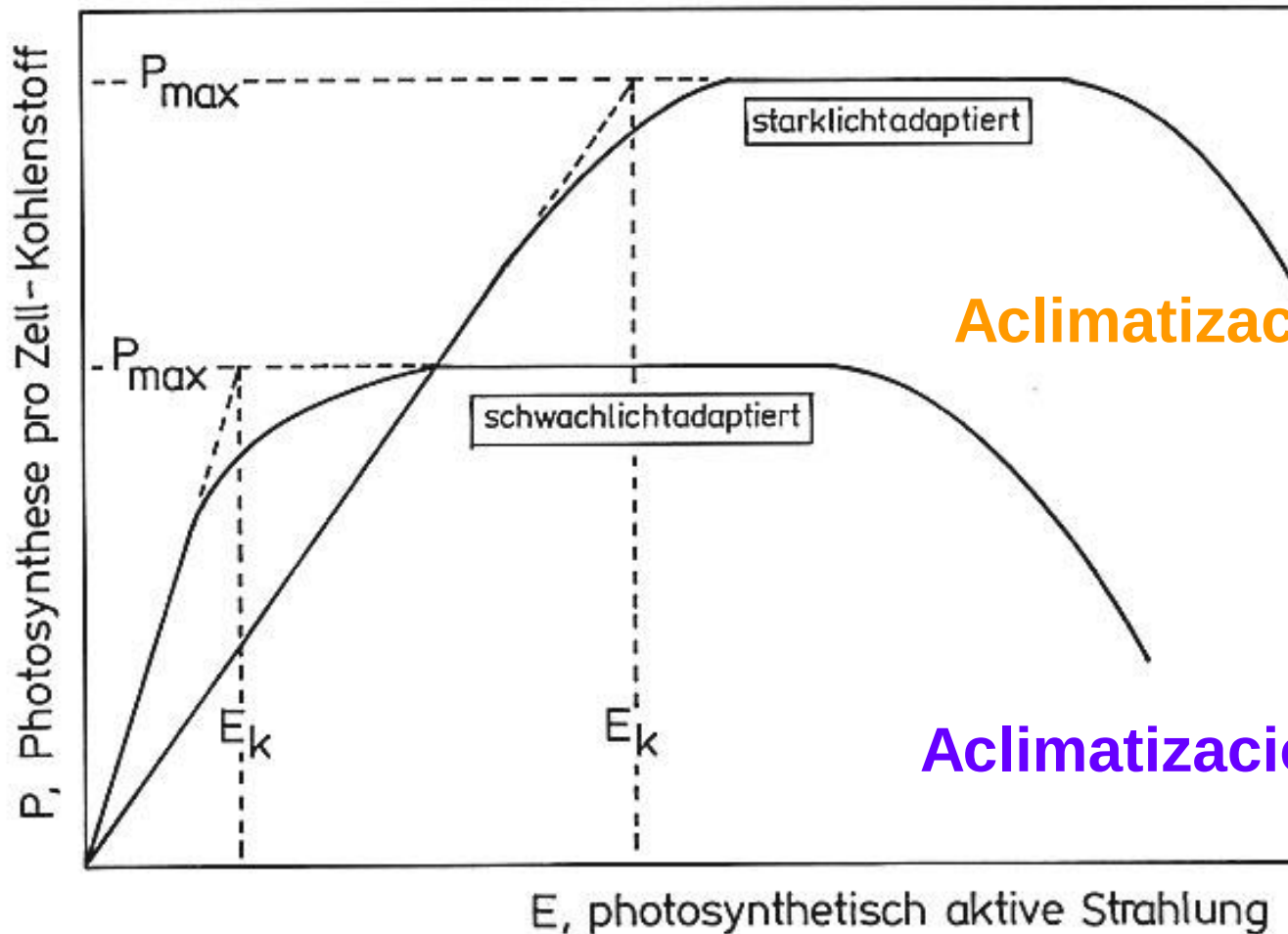
2. Biosíntesis (reducción del oxígeno):



Fotoaclimatización I

especies sol

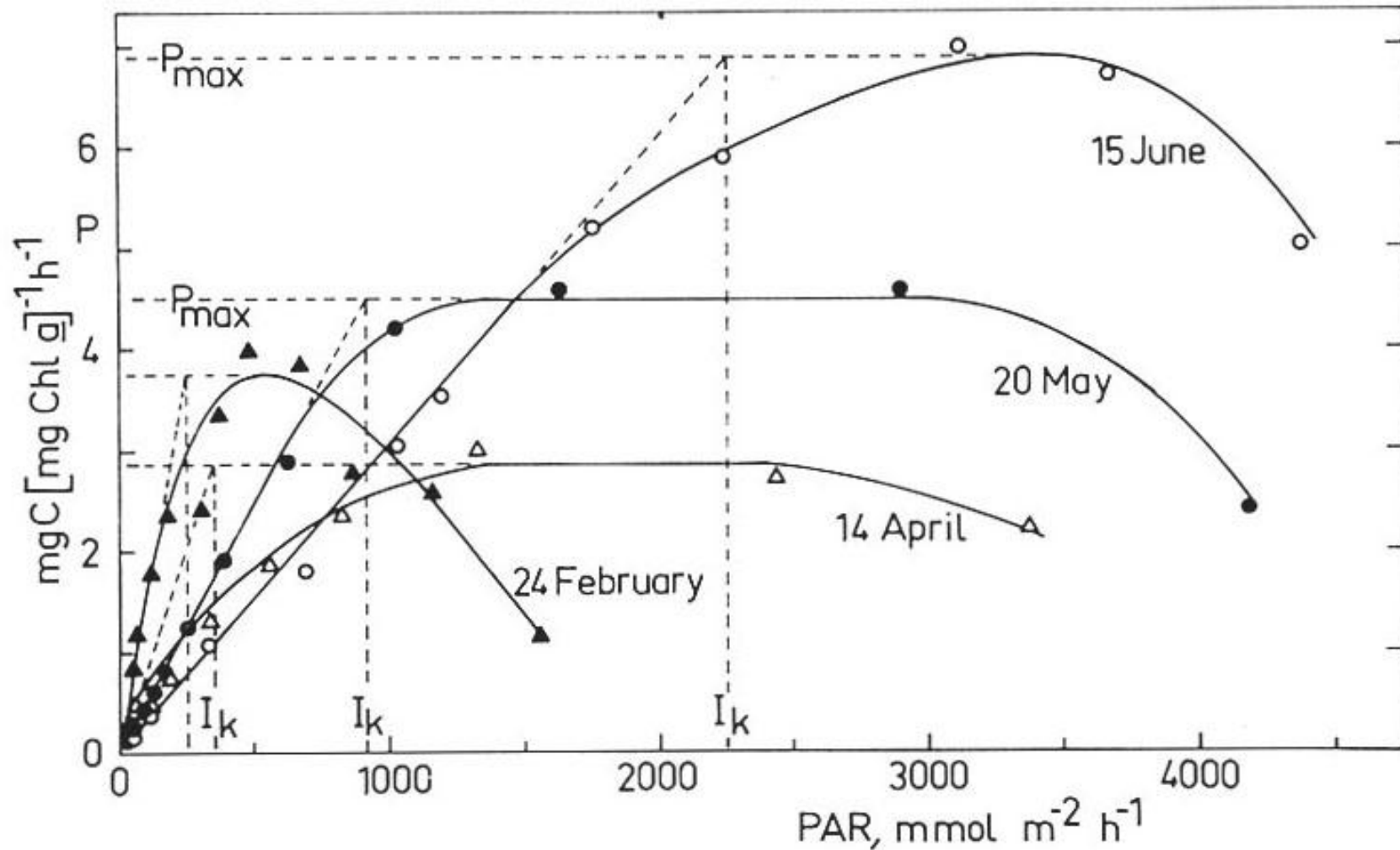
especies sombra



Aclimatización a alta luz

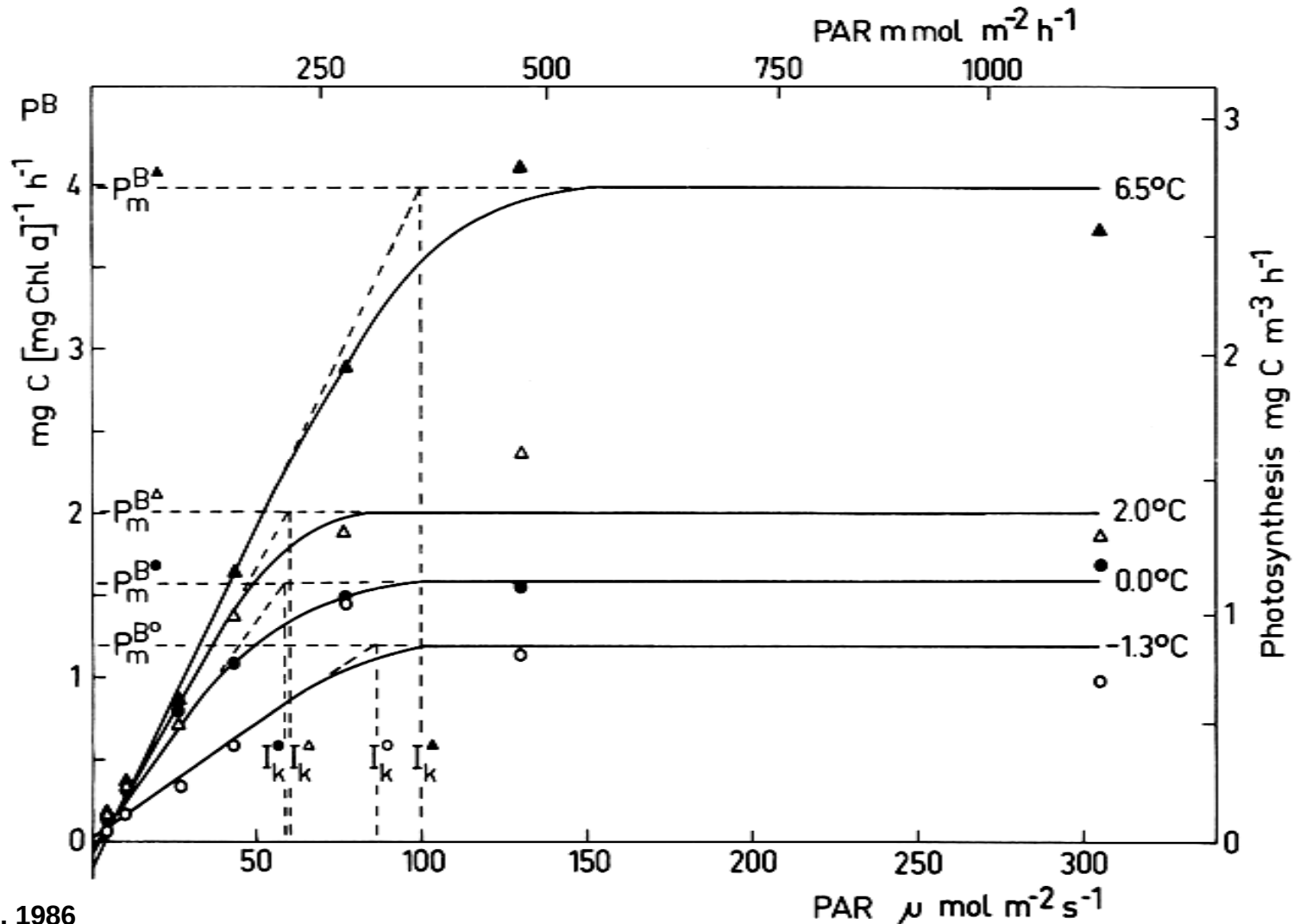
Aclimatización a baja luz

Fotoaclimatización II



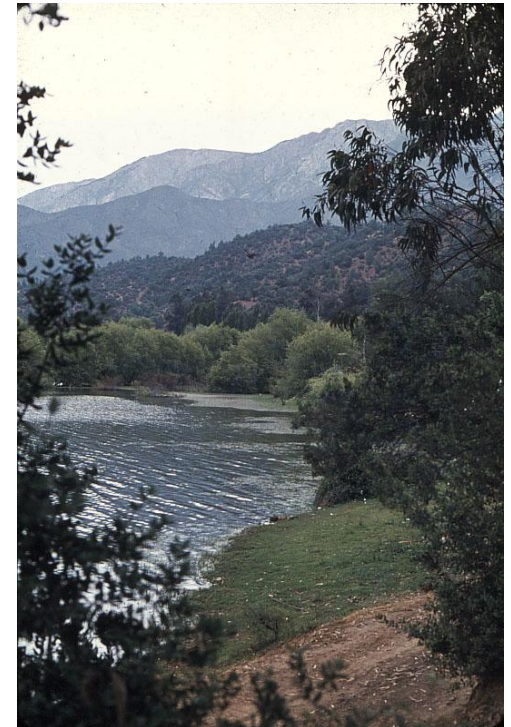
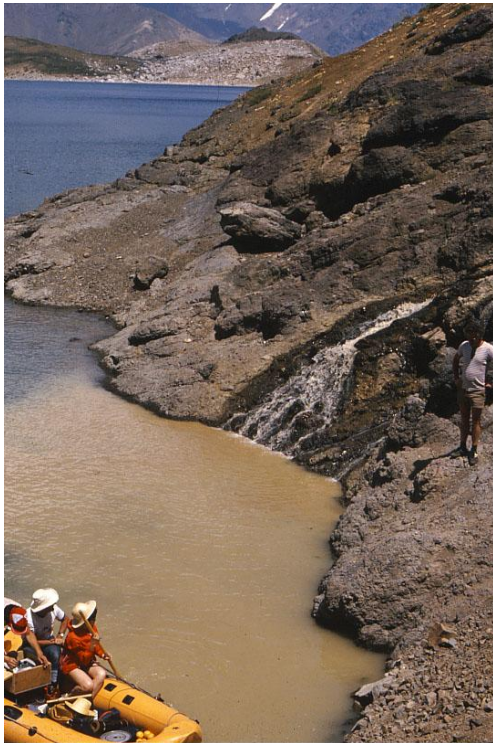
Relación P versus E es variable a lo largo del año

Tanto P_{Bmax} como P limitada por luz son sensibles a la temperatura



PP en ecosistemas chilenos

1991 V. Montecino Primary productivity in South American temperate lakes and reservoirs. *Revista Chilena Historia Natural* 64: 555-567.



B

- 100

4200

- 7

Fee et al 1992
Can. J Fish & Aq Sc
Effects of lake size on
phytoplankton
photosynthesis

Marcas en el eje
 corresponden a mayo y
 diciembre

- *Aporte de nutrientes
- *Reciclamiento
- *Área-epilimnion
- *Precipitaciones

L373 tiene 29 ha
 Lago Superior tiene 8
 millones de ha

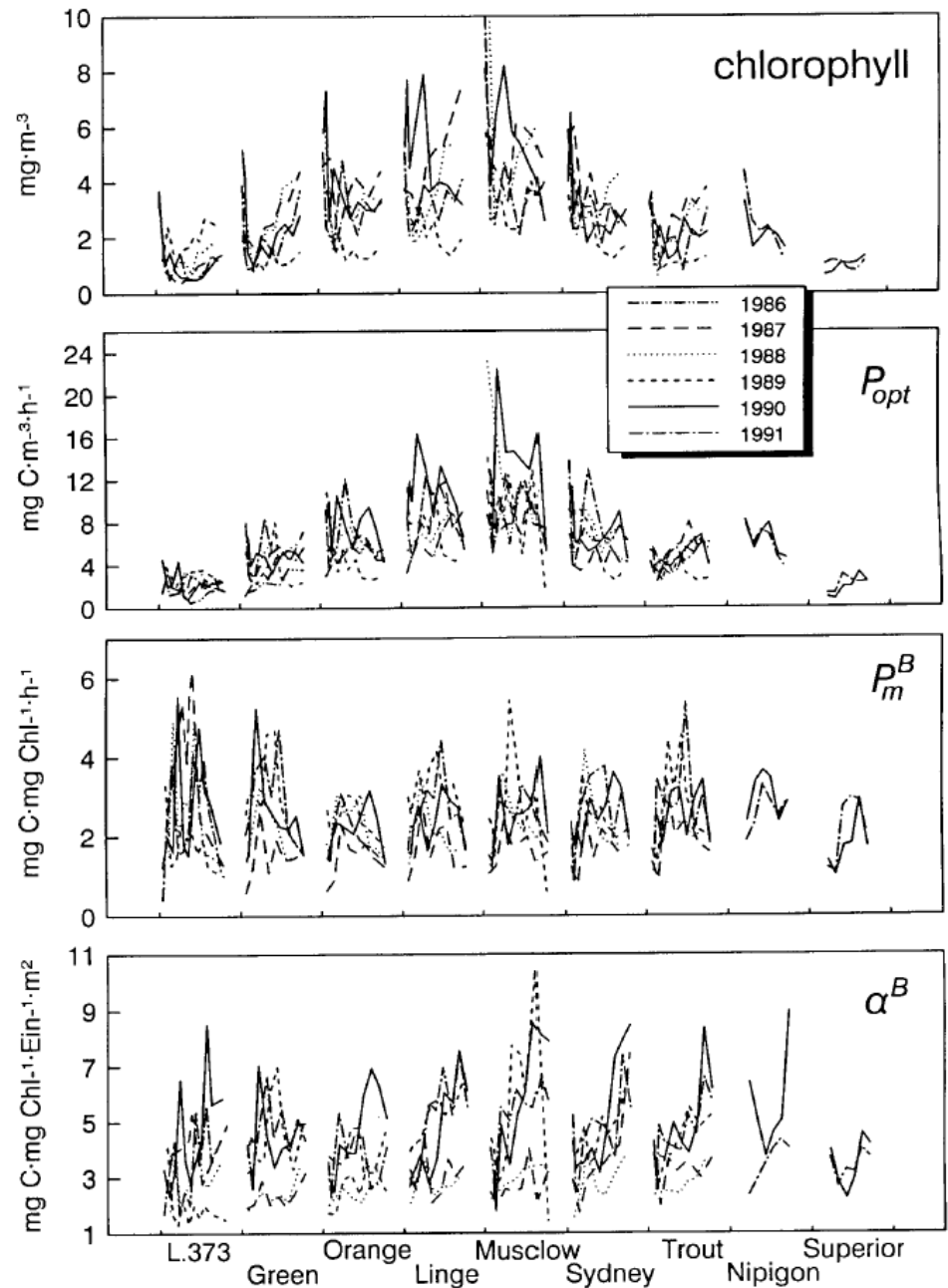


FIG. 4. Variations of chlorophyll, P_{opt} , P_m^B , and α^B during the ice-free season in lakes varying in size from 29 ha (ELA L.373) to 8 223 600 ha (Superior). The marks on the horizontal axis correspond to May 1 and December 1.

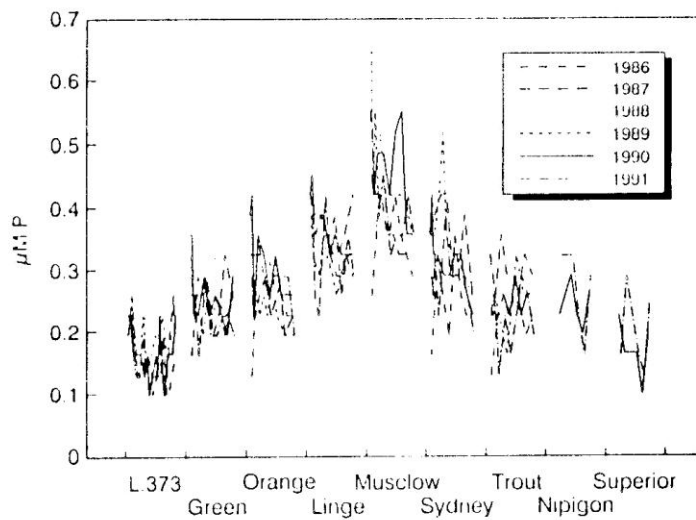


FIG. 15. Variations of total phosphorus during the ice-free season in lakes varying in size from 29 ha (ELA L.373) to 8 223 600 ha (Superior). The marks on the horizontal axis correspond to May 1 and December 1.

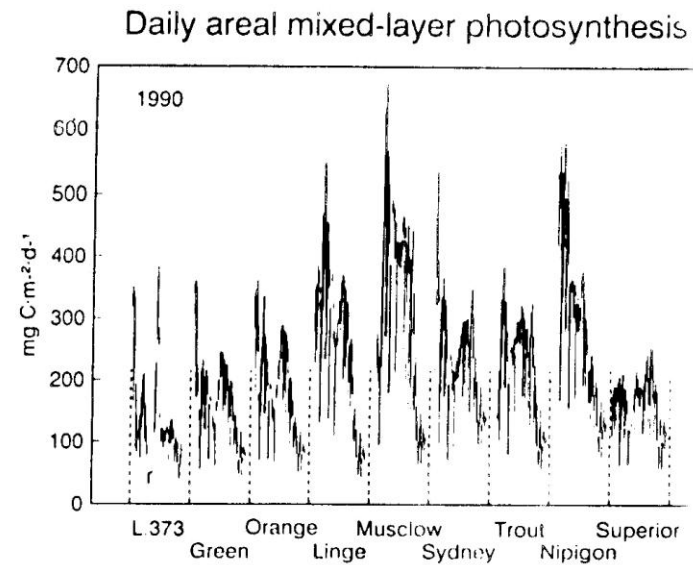


FIG. 10. Daily integral phytoplankton photosynthesis during the ice-free season of 1990 in lakes varying in size from 29 ha (ELA L.373) to 8 223 000 ha (Superior). The marks on the horizontal axis correspond to May 1 and December 1.

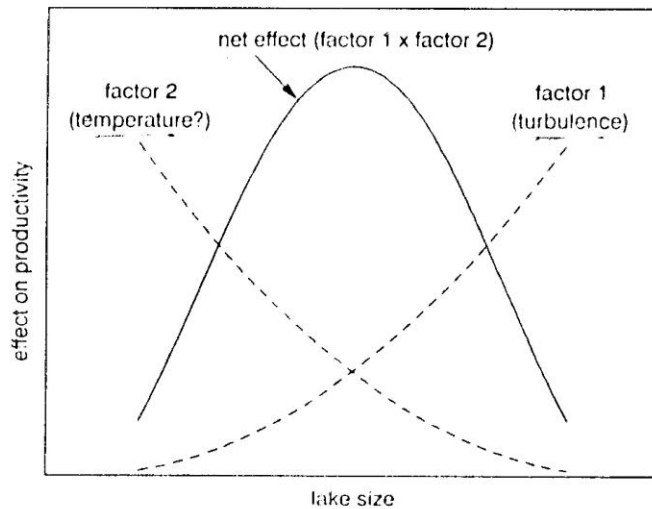


FIG. 13. Simple theoretical model showing why productivity could logically be a function of lake size.

tee et al 1992

La fotosíntesis del fitoplancton

**Muestra perfiles verticales
característicos controlados por**

**Gradiente vertical de la luz
subacuática y**

La relación luz-fotosíntesis

**La fotosíntesis se extiende hasta ca. 1
% de la irradiancia superficial (zona
eufótica, Zeu)**

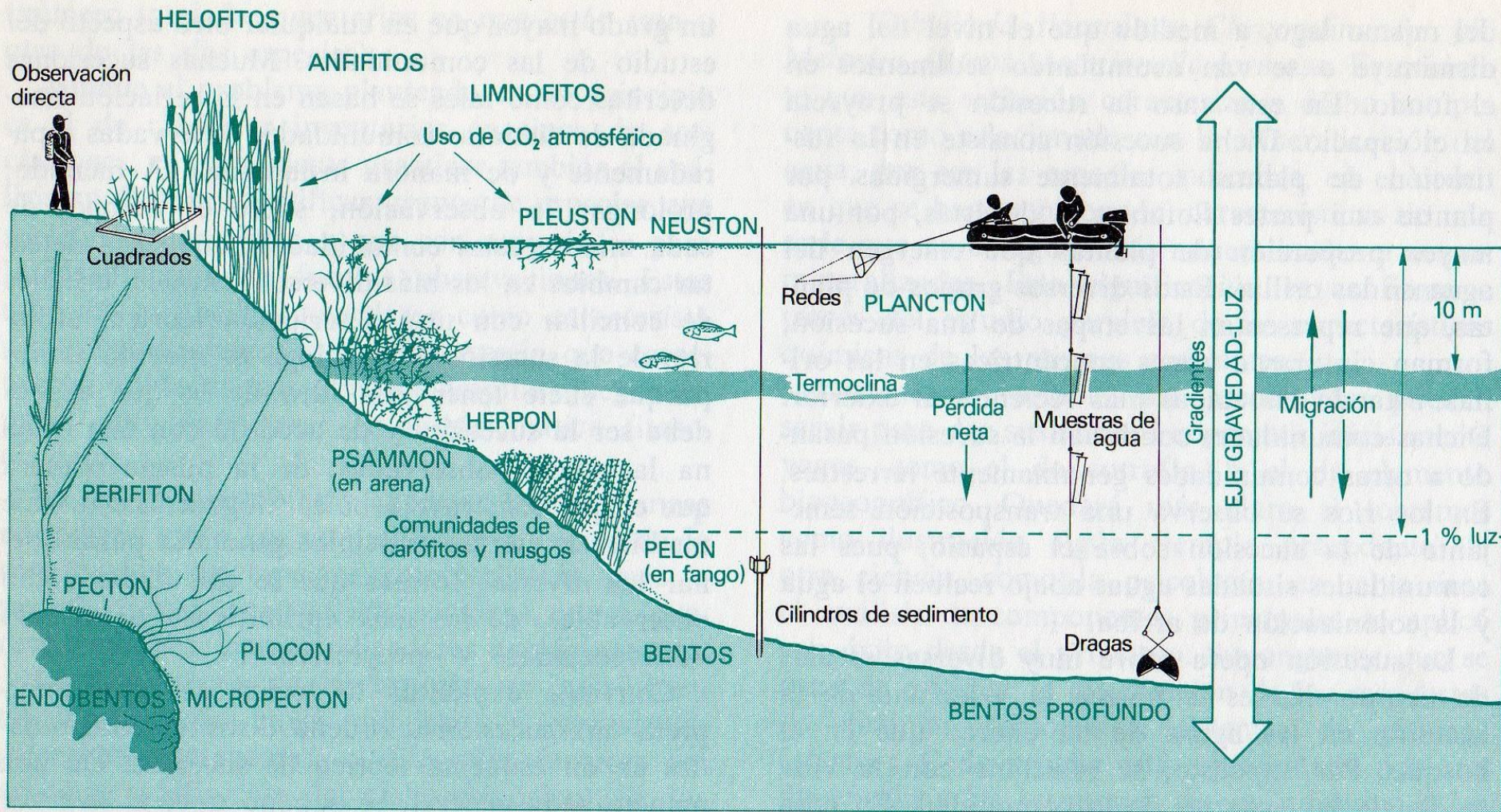


Figura 6-9 Tipos generales de comunidades que se pueden reconocer en un lago y técnicas de prospección usadas en su estudio. Compárese con la figura 14-1, donde algunas de las propiedades de las distintas comunidades están cuantificadas.

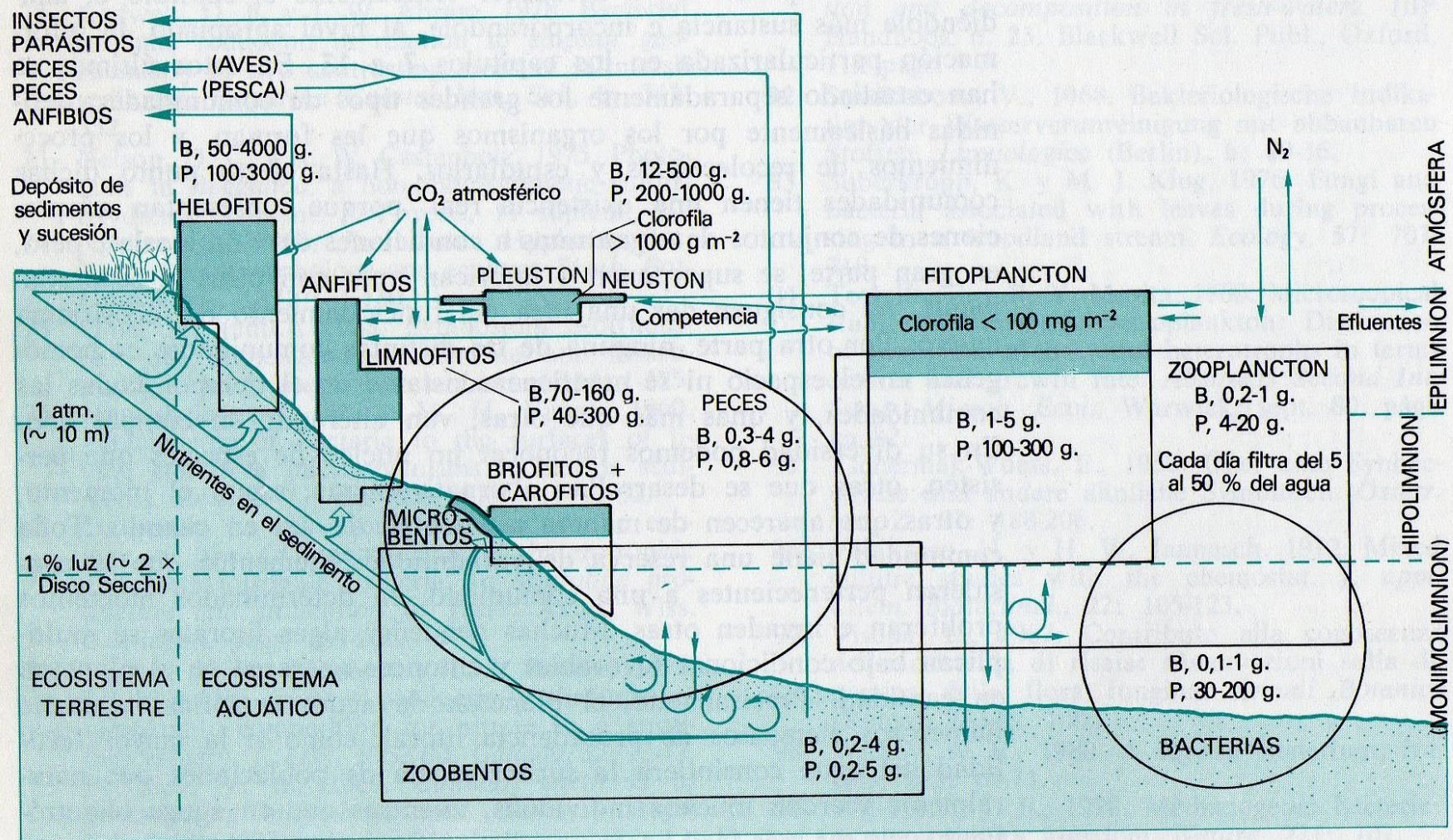


Figura 14-1 Representación esquemática de un ecosistema lacustre ideal, que se puede considerar superpuesto al de figura 6-9, y en el que se dan límites razonables, basados en el examen comparativo de valores publicados, para las biomásas (gC m^{-2}) de distintos compartimentos y para los flujos. La biomasa total, según este esquema, sería entre 52 y 117 gC m^{-2} , y la producción primaria entre 200 y 500 $\text{gC m}^{-2} \text{año}^{-1}$. A estas cifras conviene añadir que la materia orgánica detrítica sería probablemente unas diez veces superior a la biomasa (entre 500 y 1000 gC m^{-2}) y la materia orgánica disuelta más elevada todavía. Las pérdidas del ecosistema por extracción de organismos, se podrían estimar en 1 $\text{gC m}^{-2} \text{año}^{-1}$ con los insectos adultos, 0,1 — 1 $\text{gC m}^{-2} \text{año}^{-1}$ con alimento extraído por las aves, en su caso 1 $\text{gC m}^{-2} \text{año}^{-1}$ en el cuerpo de anfibios adultos. En cuanto a la pesca ejercida por el hombre podría llegar hasta 1 — 5 $\text{gC m}^{-2} \text{año}^{-1}$. Parte del carbono

Mediados del siglo XX

Es probable que no se considerara la respiración como ecológicamente importante.

La respiración de heterótrofos era considerada modesta y de poca significancia biogeoquímica.

La respiración de los autótrofos solo incidía en las estimaciones de productividad neta.

Los pioneros fueron investigadores rusos, las bacterias jugaban un papel importante en el ciclo del carbono: altas tasas de “destrucción” de la materia orgánica (> tasas de metabolismo heterotrófico).

Surgimiento de la ingeniería sanitaria.

EUTROFICACION

enriquecimiento de nutrientes
alta productividad primaria
desarrollo de florecimientos microalgales

Producción = descomposición

ESTABILIDAD

COLAPSO - progreso de la actividad de
depleción de oxígeno
mortalidad de peces

HIPER EUTROFIA

PERTURBACION

Desarrollo de algas "nosiran"

Cambio en la calidad del agua
"ciclos diarios y estacionales"

En su mayoría - Lagos someros no estratificados
< intercambio y renovación H_2O

NUTRIENTES - enriquecimiento

> P

N:P

fuentes difusas y freática

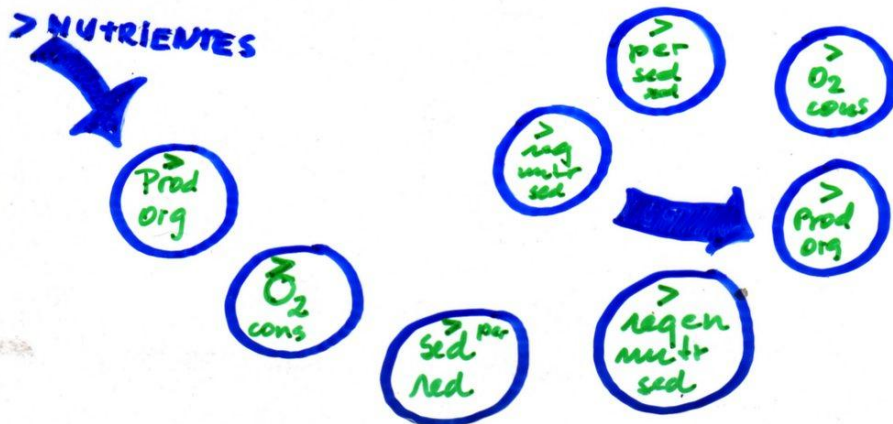
Disminuye la transparencia - Bloom $50 \mu g l^{-1}$ Chl
Secchi 1 m

$T > 20^\circ C$

$O_2 > 20 \mu g l^{-1}$ O₂

$NH_3 - N > 2000 \mu g l^{-1}$

> NUTRIENTES



River continuum (Vannotte 1980)

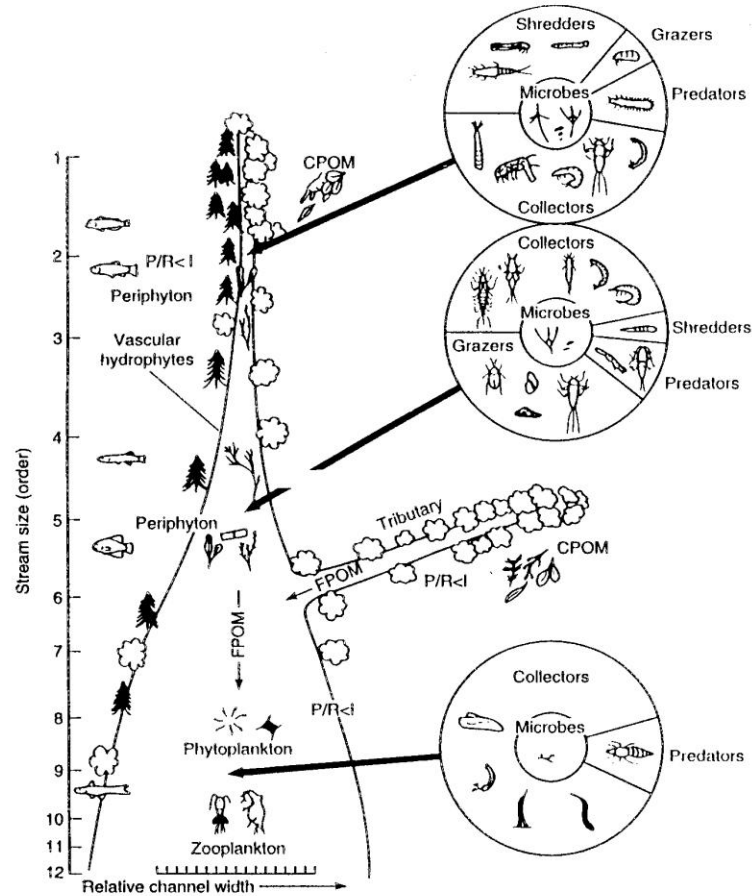
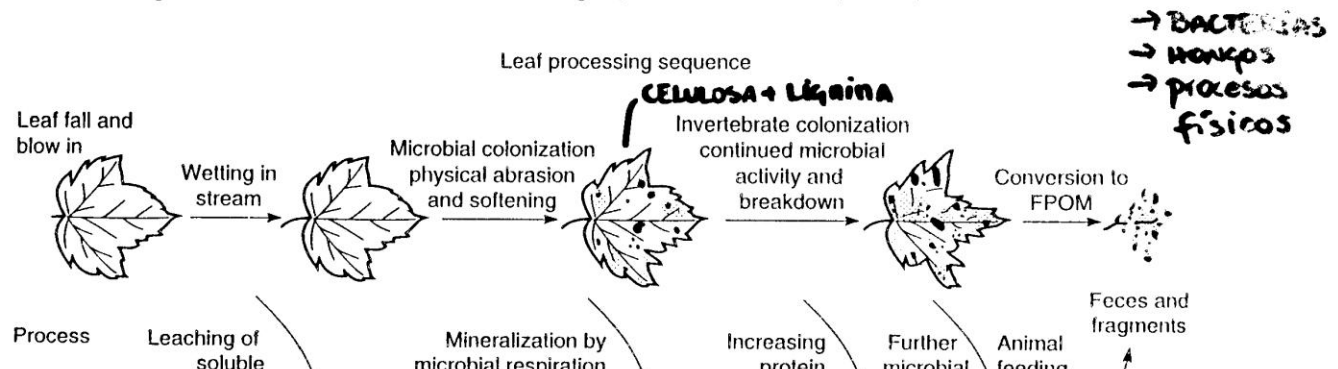


FIGURE 12.7 Generalized depiction of the relationship between stream size (order), energy inputs and ecosystem function expected under the river continuum concept. (From Vannotte *et al.*, 1980.)



EUTROFICACION

enriquecimiento de nutrientes
alta productividad primaria
desarrollo de florecimientos microalgales

Producción = descomposición

ESTABILIDAD

COLAPSO - progreso de la actividad de
depleción de oxígeno
mortalidad de peces

HIPER EUTROFIA

PERTURBACION

Desarrollo de algas "nosiran"

Cambio en la calidad del agua
"ciclos diarios y estacionales"

En su mayoría - Lagos someros no estratificados
< intercambio y renovación H_2O

NUTRIENTES - enriquecimiento

> P

N:P

fuentes difusas y freática

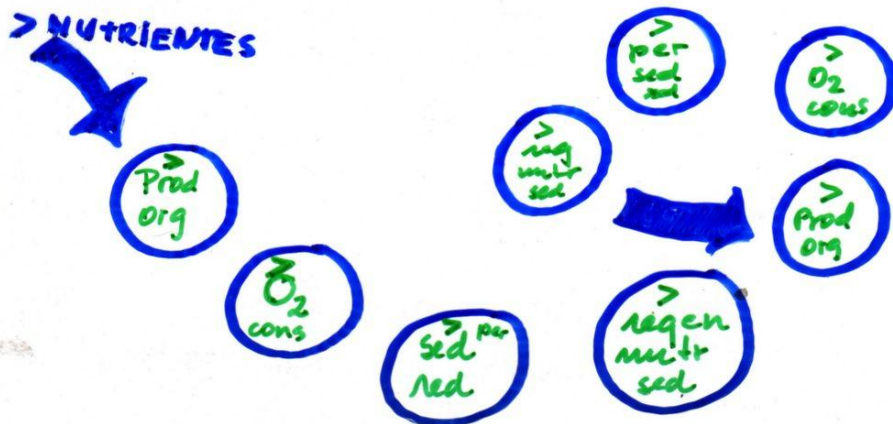
Disminuye la transparencia - Bloom $50 \mu g l^{-1}$ Chl
Secchi 1 m

$T > 20^\circ C$

$O_2 > 20 \mu g l^{-1}$ O₂

$NH_3 - N > 2000 \mu g l^{-1}$

> NUTRIENTES



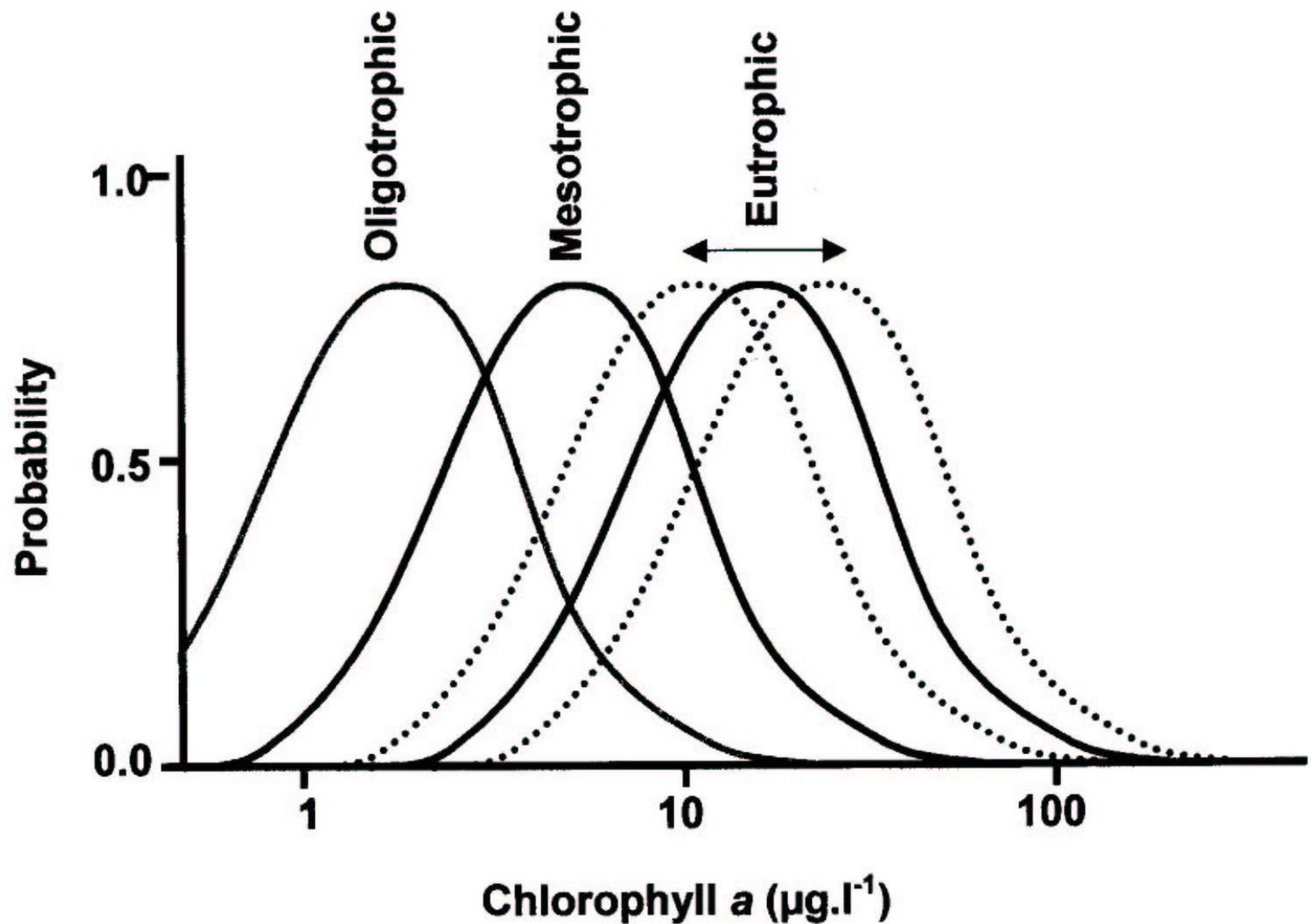


Fig. 10.13 Schematic diagram showing the possible effects of climate change on the classification system used to assess the trophic status of lakes. The solid curves show the historical limits defined by the OECD. The broken curves show the climate-related changes that could occur in lakes that are currently classified as eutrophic.

Limnología 2012

....continuación

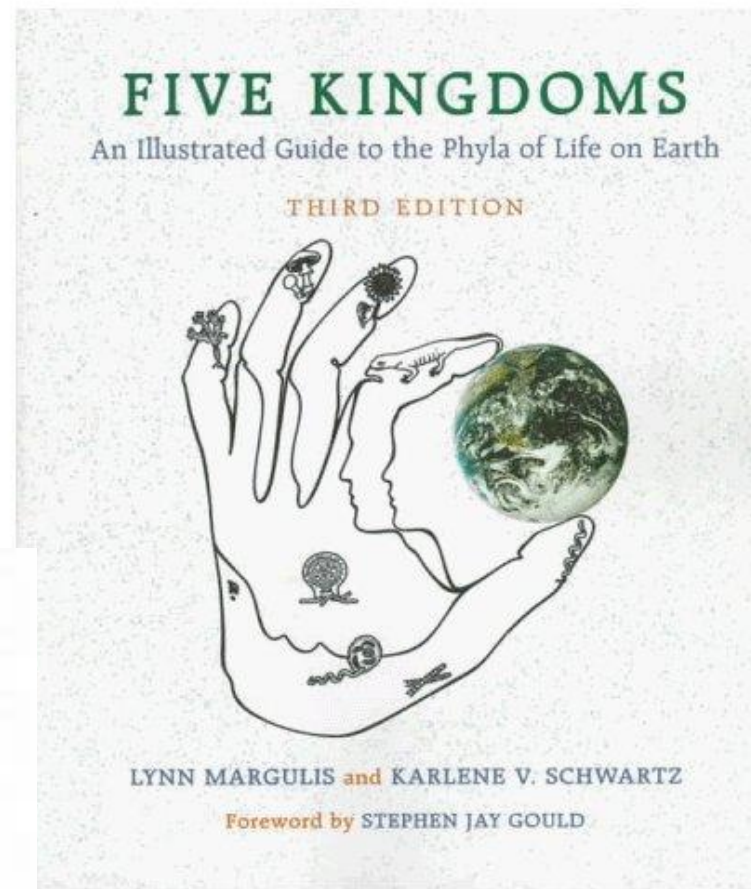
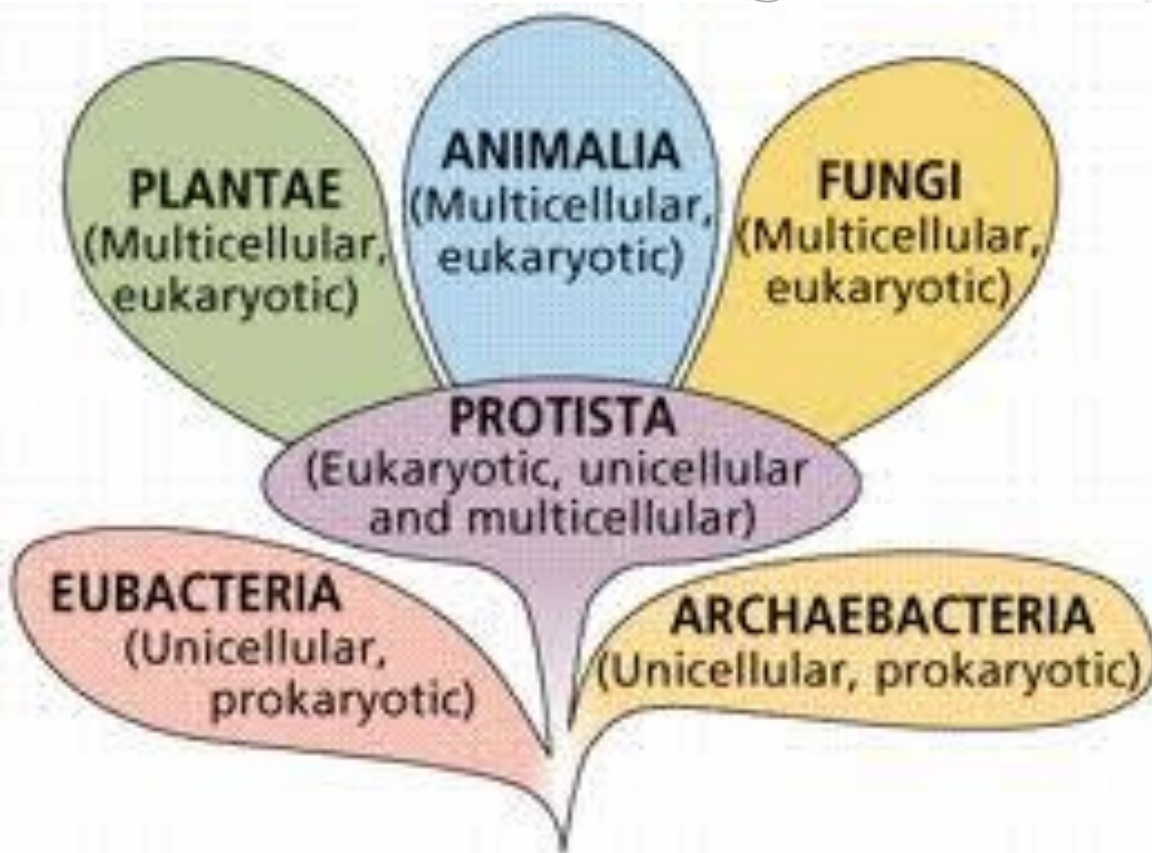
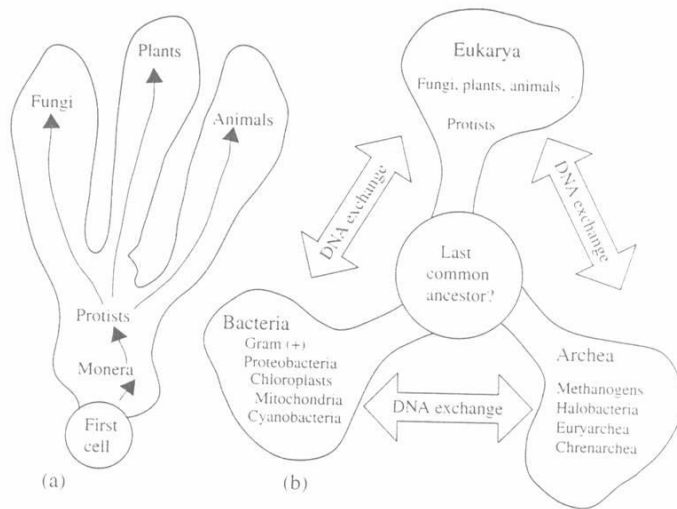
LAS ALGAS



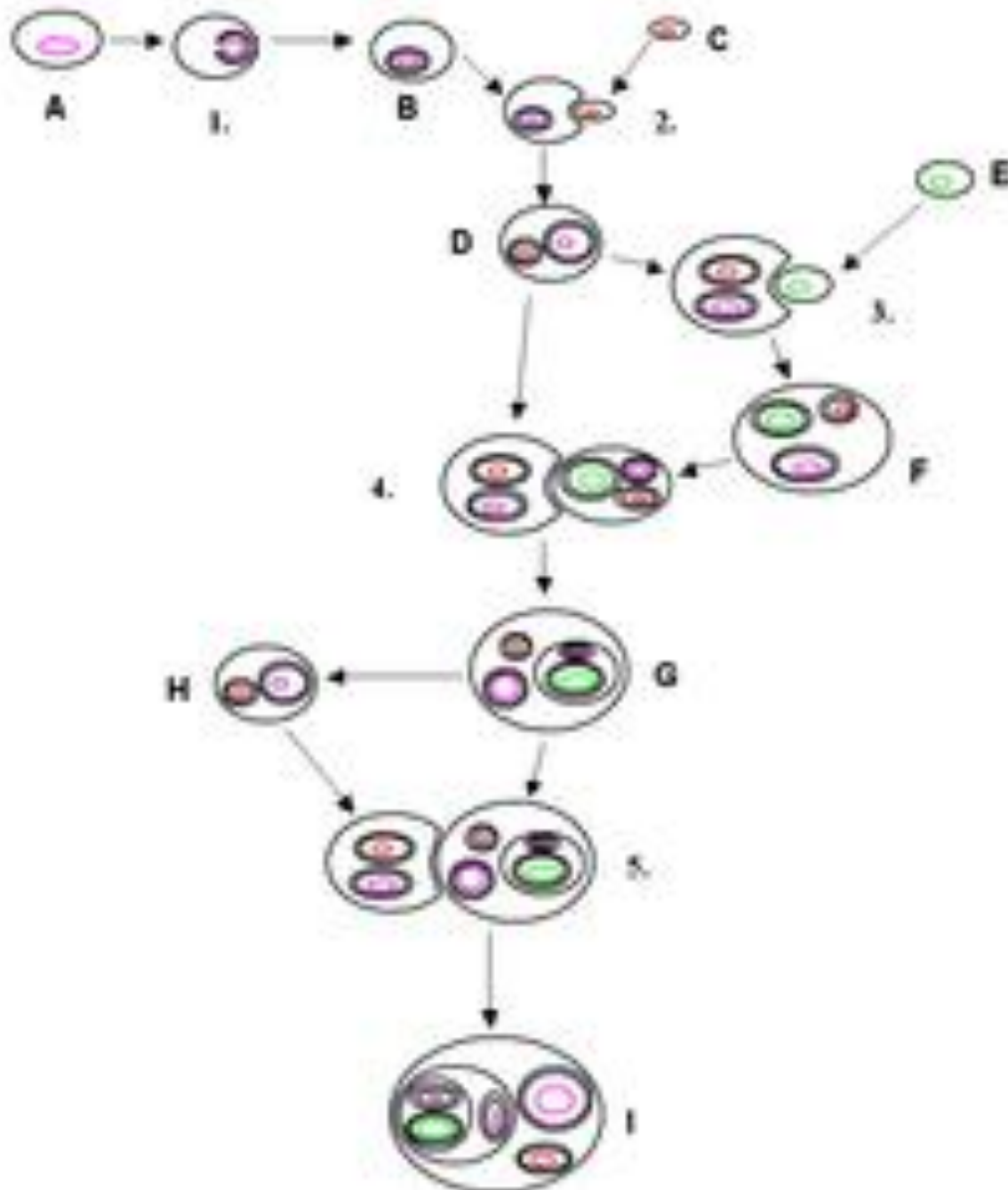


Lynn Margulis

Sus aportes a la biología y el evolucionismo son múltiples: el origen de las células eucariotas (la SET, que considera su mejor trabajo); junto a K. V. Schwartz ha clasificado la vida en la tierra en cinco reinos agrupados en dos grandes grupos: bacterias y eucariotas; formuló su teoría sobre la simbiogénesis y la importancia de esta en la evolución; apoyó la [hipótesis de Gaia](#) de [James E. Lovelock](#), contribuyendo a ella desde la biología e intentando que adquiriera categoría de teoría.



Serial Endosymbiosis Theory



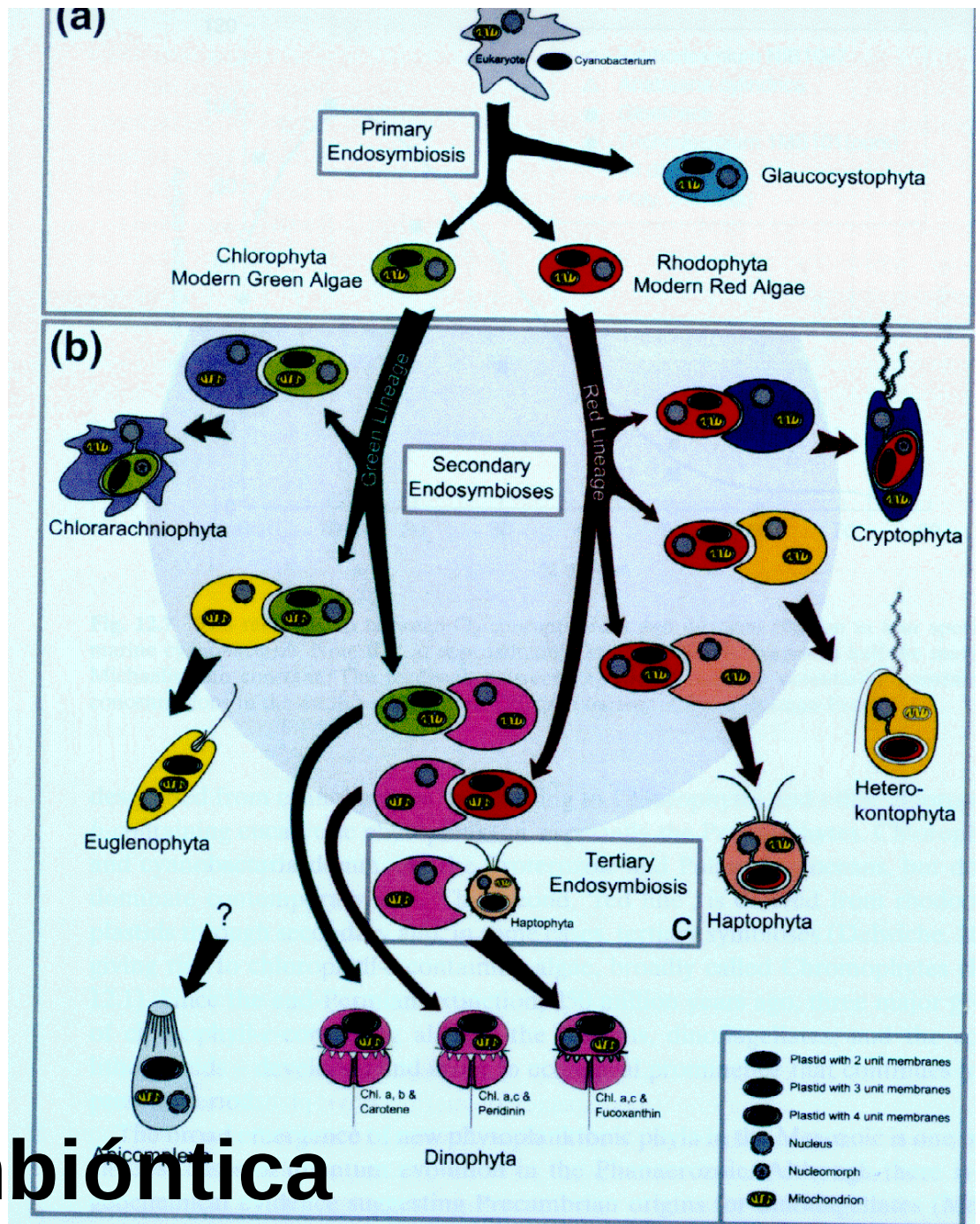
La **Endosimbiosis seriada** o **teoría endosimbiótica**, describe la aparición de las [células eucariotas](#) como consecuencia de la sucesiva incorporación [simbiogenética](#) de diferentes bacterias de vida libre ([procariotas](#)), tres en el caso de animales y hongos y cuatro en el caso de los vegetales.

La endosimbiosis seriada fue propuesta en diferentes artículos y libros: *On origin of mitosing cells* (1967), *Origins of Eukaryotic Cells* (1975) y *Symbiosis in Cell Evolution* (1981),¹ llegándose a conocer por el acrónimo inglés **SET** (**S**erial **E**ndosymbiosis**T**heory). En la actualidad se acepta que las eucariotas surgieron como consecuencia de los procesos simbiogenéticos descritos por Margulis, una vez ha quedado demostrado el origen simbiogenético de las [mitocondrias](#) y los [cloroplastos](#) de los eucariontes

Origen de plastidios en algas

- El origen de los plastidios es la endosimbiosis de una cianobacteria o un ancestro de cianobacteria.
- 3 grupos primarios: **clorofitas, rodofitas y glaucocistofitas** que emergen a tiempos similares. Las otras algas emergieron por endosimbiosis secundaria (huésped que contenía un plastidio primario), **euglenofitas, cryptofitas, cloroaracniofitas, cromofitas y apicomplexas.**
- El origen de la clorofila b es procariótica.

Eucariontes: teoría endosimbiótica



Lagos polares: prasinoficea, crisoficeas, criptoficeas, dinoflagelados, Euglenoides, haptofitas...se clasifican como **ALGAS** oFitomastigoforos en el sub-reino Protozoa del reino Protista

158 POLAR LAKES AND RIVERS

Table 9.1 Photosynthetic taxa observed in the plankton of polar lakes. The Prasinophyceae, Chrysophytes, Cryptophytes, Dinoflagellates, Euglenoids, and Haptophytes are classified here as Algae, but elsewhere in this volume are classified as Phytomastigophora or the phytoflagellates within the sub-Kingdom Protozoa in the Kingdom Protista; for a recent classification of all microbial eukaryotes see Adl *et al.* (2005).

Taxonomic group		Common genera, Arctic	Common genera, Antarctic
Bacteria			
Cyanobacteria	Chroococcales	<i>Aphanocapsa</i> , <i>Aphanothera</i> , <i>Chroococcus</i> , <i>Gloeocapsa</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Synechococcus</i> , <i>Woronichinia</i>	<i>Aphanocapsa</i> , <i>Chroococcus</i> , <i>Gloeocapsa</i> , <i>Synechococcus</i> , <i>Synechocystis</i>
	Nostocales	<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena</i>
	Oscillatoriales	<i>Oscillatoria</i> , <i>Phormidium</i> , <i>Planctothrix</i>	<i>Oscillatoria</i> , <i>Phormidium</i>
Green sulphur	Chlorobi	<i>Chlorobium</i> , <i>Pelodictyon</i> , <i>Prosthecochloris</i>	<i>Chlorobium</i>
Purple sulphur	Gamma proteobacteria	<i>Thiocapsa</i> , <i>Thiocystis</i>	<i>Chromatium</i> , <i>Thiocapsa</i>
Purple non-sulphur	Alphaproteobacteria		<i>Rhodospirillum</i> , <i>Rhodopseudomonas</i>
	Betaproteobacteria		<i>Rhodospirillum</i>
Algae			
Chlorophytes	Chlorophyceae	<i>Ankistrodesmus</i> , <i>Botryococcus</i> , <i>Chlamydomonas</i> , <i>Oedogonium</i> , <i>Oocystis</i> , <i>Pediastrum</i> , <i>Scenedesmus</i>	<i>Ankistrodesmus</i> , <i>Chlamydomonas</i> , <i>Chloromonas</i> , <i>Dunaliella</i>
	Klebsormidiophyceae	<i>Sitochloa</i>	<i>Raphidoneura</i> , <i>Sitochloa</i>

Table 2
Unambiguous pigments in phytoplankton

Pigment	Algal-class	Ref
Divinyl chl-a and Divinyl chl-b	<i>Prochlorococcus</i>	Wri
Alloxanthin	Cryptophyta	Wri
Perdinin	Type-1 Dinoflagellata	Orn
Gyroxanthin diester	Type-2 Dinoflagellata	Orn
Prasinoxanthin	Type-3 Prasinophyta	Ege

vironment 112 (2008) 3366–3375

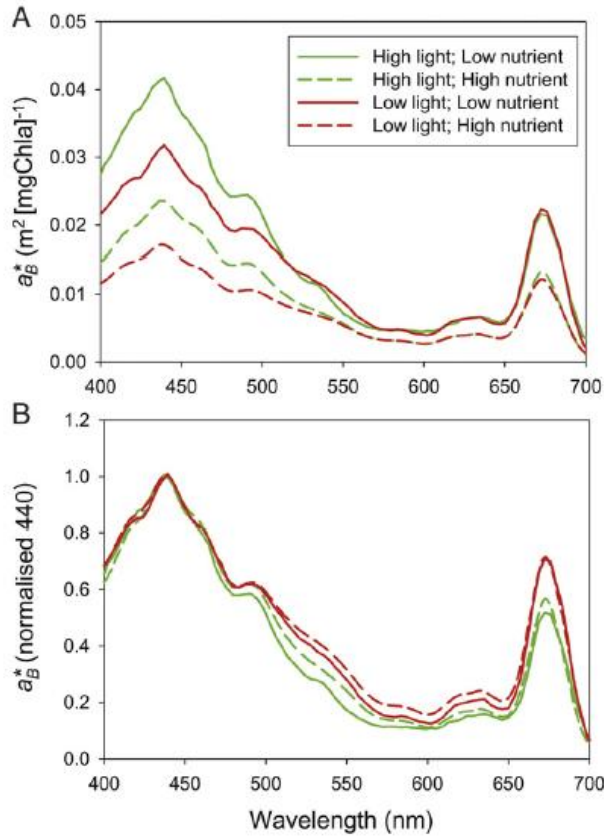


Fig. 3. Absorption spectra of laboratory cultures of a species of diatom, *Thalassiosira pseudonana*, grown under different light and nutrient regimes. (A) Spectra are normalised to the concentration of chlorophyll-a in the culture. (B) Spectra are normalised to the concentration of chlorophyll-a in the culture.

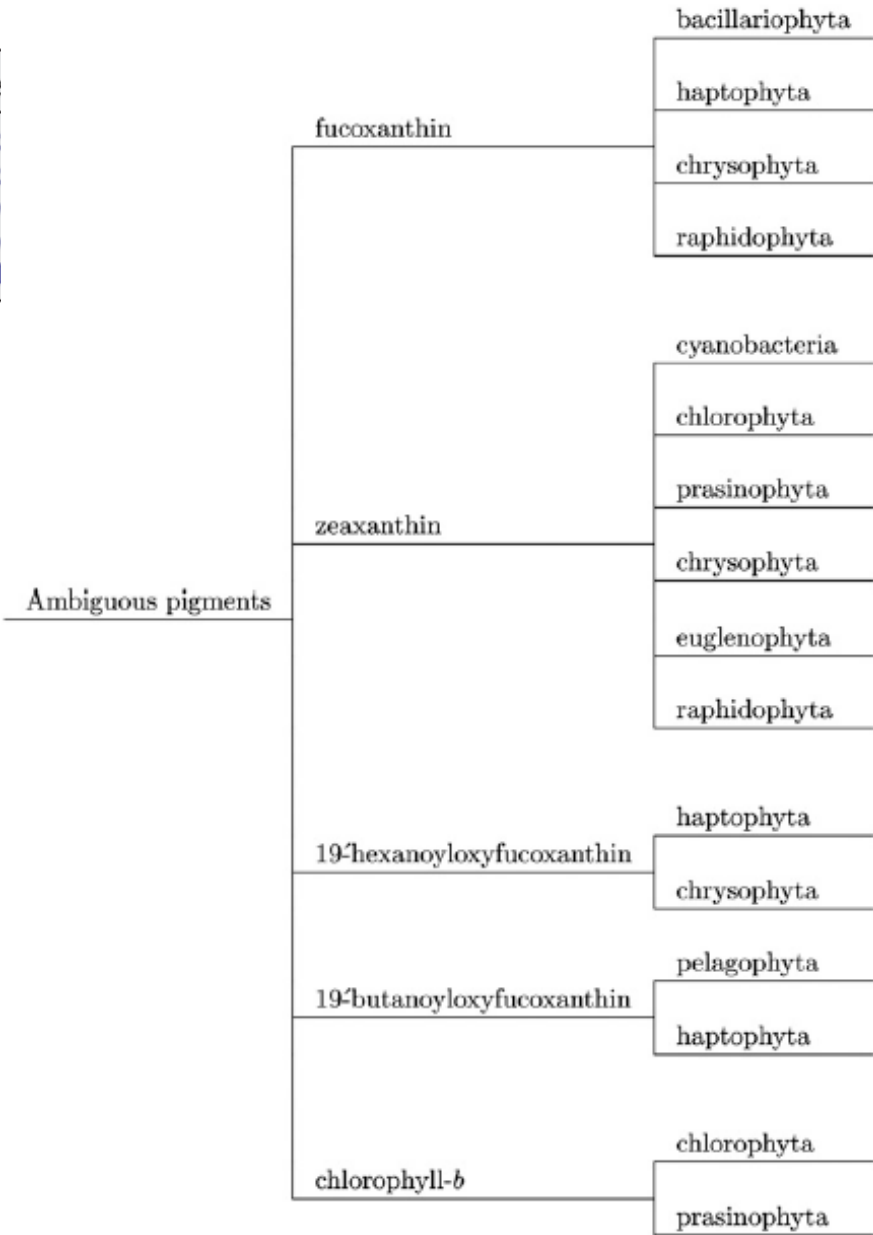


Fig. 1. Ambiguous markers for phytoplankton (summarised from Wright, 2005).

Fitoplancton

Fotolitotrófos: son la interfase entre lo no vivo y los sistemas vivos

Su abundancia tiene consecuencias para los Herbívoros

Reciclaje de nutrientes

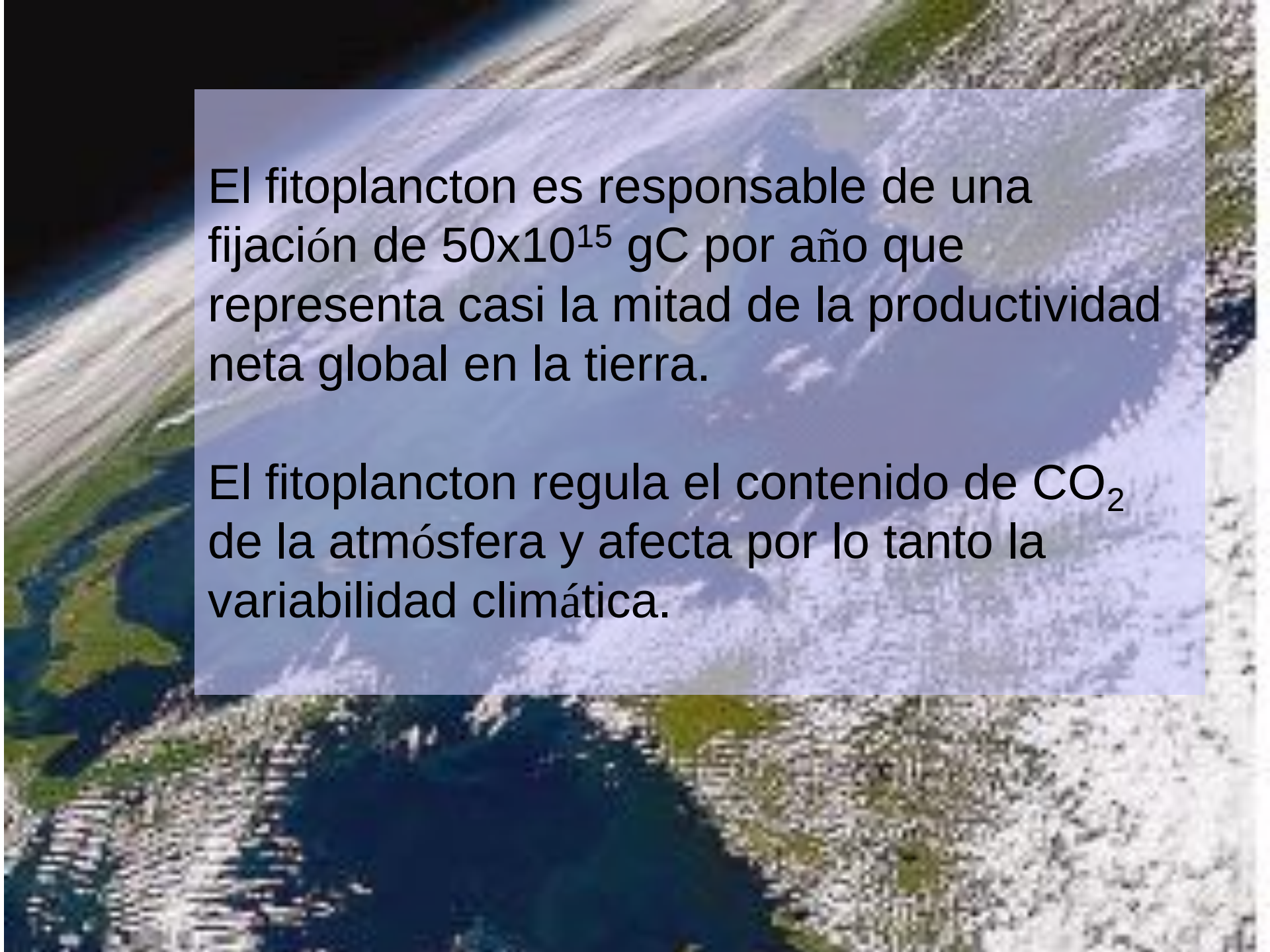
Descomposición

Tramas tróficas

Ciclos biogeoquímicos

CLIMA



An aerial photograph of a coastline, showing a mix of dark blue water, light blue sandy beaches, and green vegetation. A semi-transparent light blue rectangular box is overlaid on the upper half of the image, containing two paragraphs of black text.

El fitoplancton es responsable de una fijación de 50×10^{15} gC por año que representa casi la mitad de la productividad neta global en la tierra.

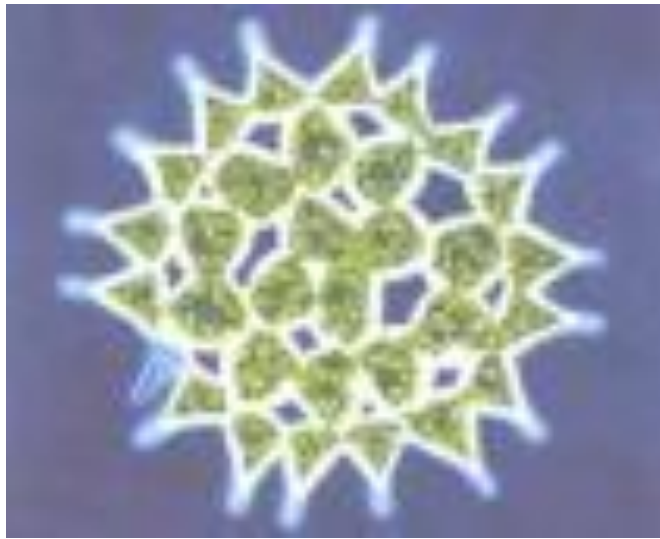
El fitoplancton regula el contenido de CO_2 de la atmósfera y afecta por lo tanto la variabilidad climática.



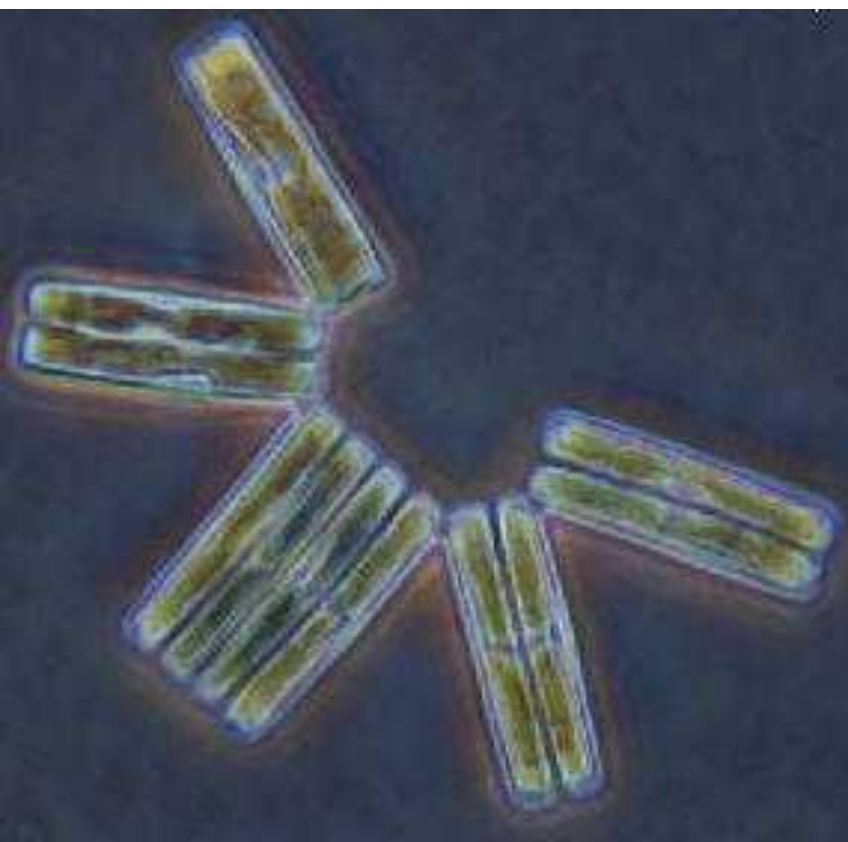
**Botella Van Dorn,
Nansen, Niskin**

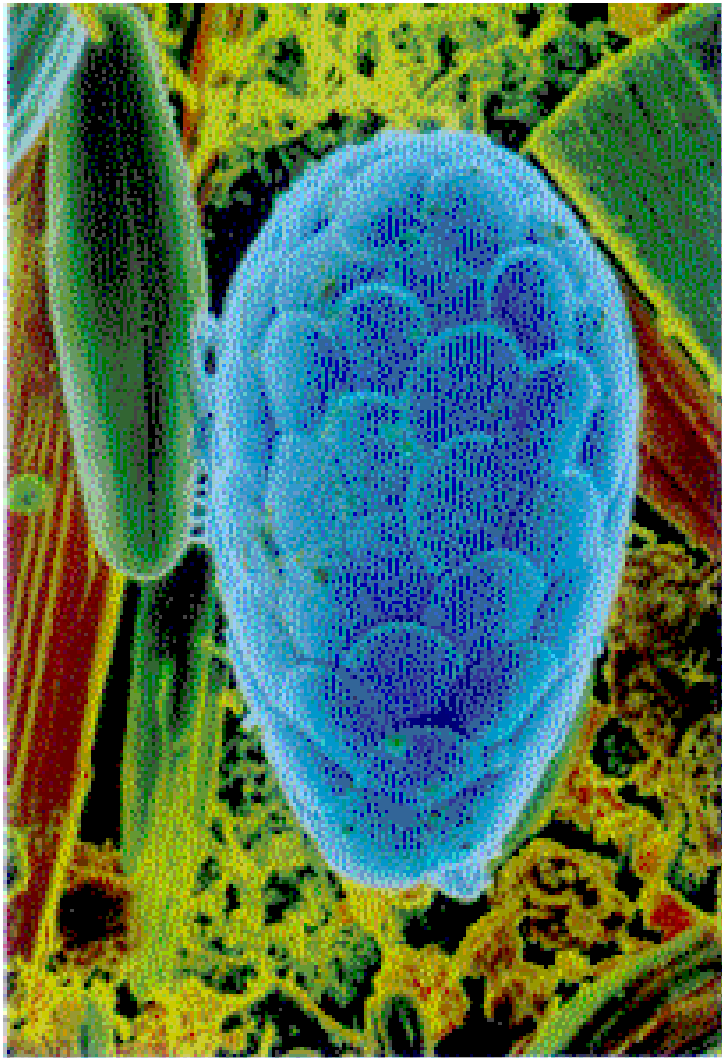


**Redes de plancton
Nansen
Clarke Bumpus**



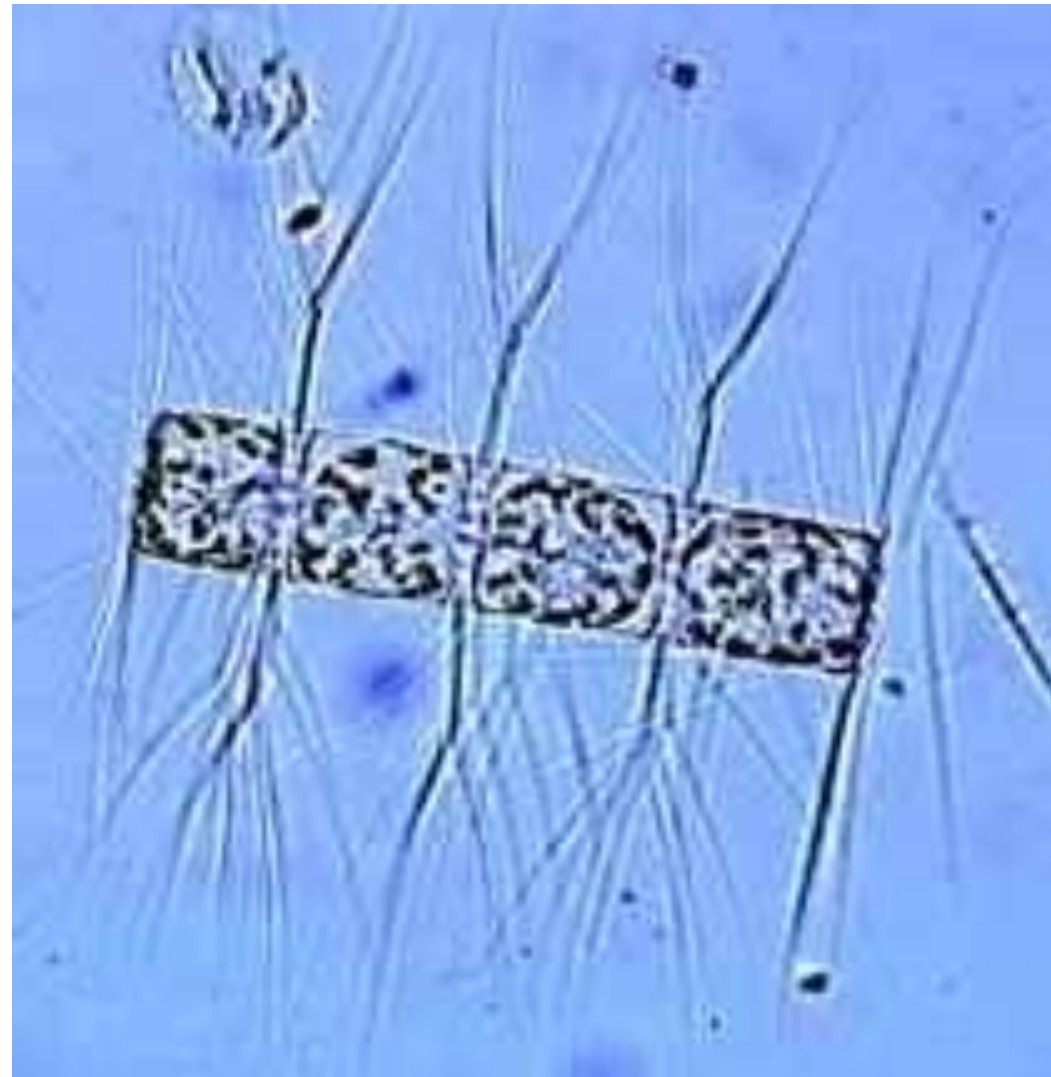
Clasificación 199



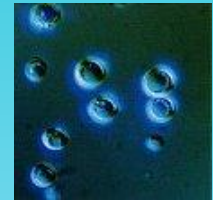
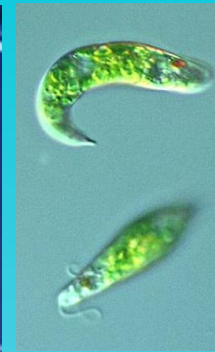
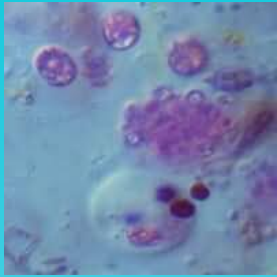


Safe: diversity in plankton has its roots in defence.

NATURE | VOL 411 | 14 JUNE 2000 | www.nature.com



Flotación o defensa?



bacterias púrpuras



cianobacterias

Cyanidium caldarium
Alga roja termófila

Hay app 25 000 especies conocidas de fitoplancton incluyendo las eubacterias y los eucariontes que pertenecen a ocho phyla (polifilético).

Grupo muy diverso con rasgos morfológicos, fisiológicos, conductuales, historia de vida relativamente bien definidos. Principales grupos taxonómicos representan diferentes grupos funcionales.

El tamaño de las células oscila entre 0.1 micron^3 y 10^8 micrones^3 y su tamaño fisiología y ecología a distintos niveles de organización.

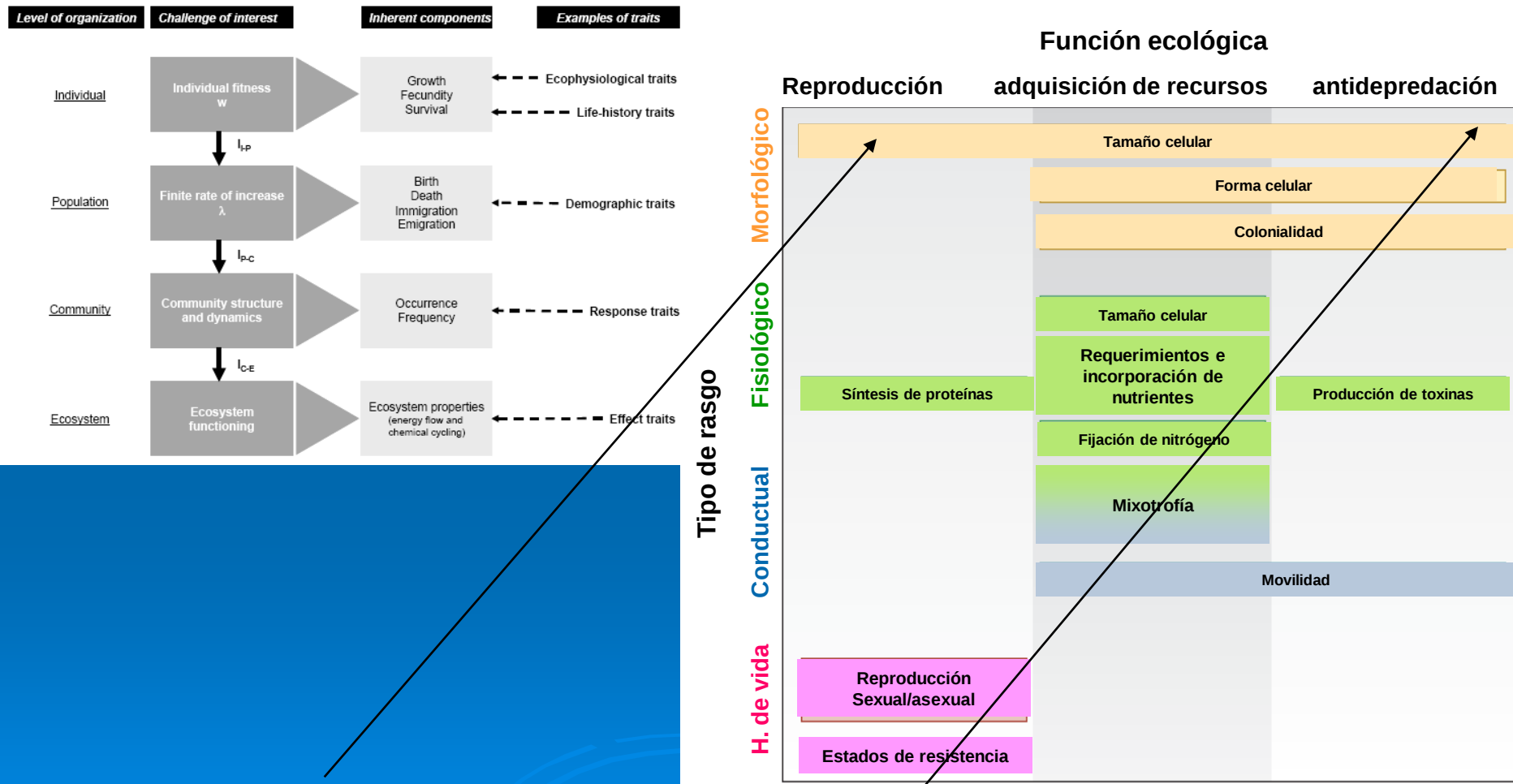
La adquisición de nutrientes y absorción de la luz son dependientes del tamaño





Let the concept of trait be functional!

Cyrille Violle, Marie-Laure Navas, Denis Vile, Elena Kazakou, Claire Fortunel, Irène Hummel and Eric Garnier



Diversidad de tamaños

Table 1

Summary of the properties of different phytoplankton functional groups

Trait	Pico-autotrophs	Nitrogen-fixers	Calcifiers	Silicifiers	DMS producers
Cell size (μm)	0.7–2.0	Variable	5–10	20–200	5
Light	High	High	Low	Low	High–Low
Nutrient required		N_2 gas	Calcium	Silica	
Iron	Low	High	High	High	High
Loss	Grazing	Viral lysis	Sinking	Sinking	Lysis, grazing
Bio-optical properties	High a_{β}^*	a_{β}^* high in UV High b_{β}^*	High b_{β}^*	Low, flat a_{β}^*	?
Remote sensing	Yes	Yes	Yes	Yes	No

Nominal size ranges for different functional types are taken from [Le Quéré et al. \(2005\)](#).

Remote sensing of phytoplankton functional types 2008 Anitha Nair, Shubha Sathyendranath, Trevor Platt, Jesus Morales, Venetia Stuart, Marie-Hélène Forget, Emmanuel Devred, Heather Bouman

Le Quéré, C., Harrison, S. P., Prentice, C. I., Buitenhuis, E. T., Aumonts, O., Bopp, L., et al. (2005). Ecosystem dynamics based on plankton functional types for global ocean biogeochemistry models. *Global Change Biology*, 11, 2016–2040.

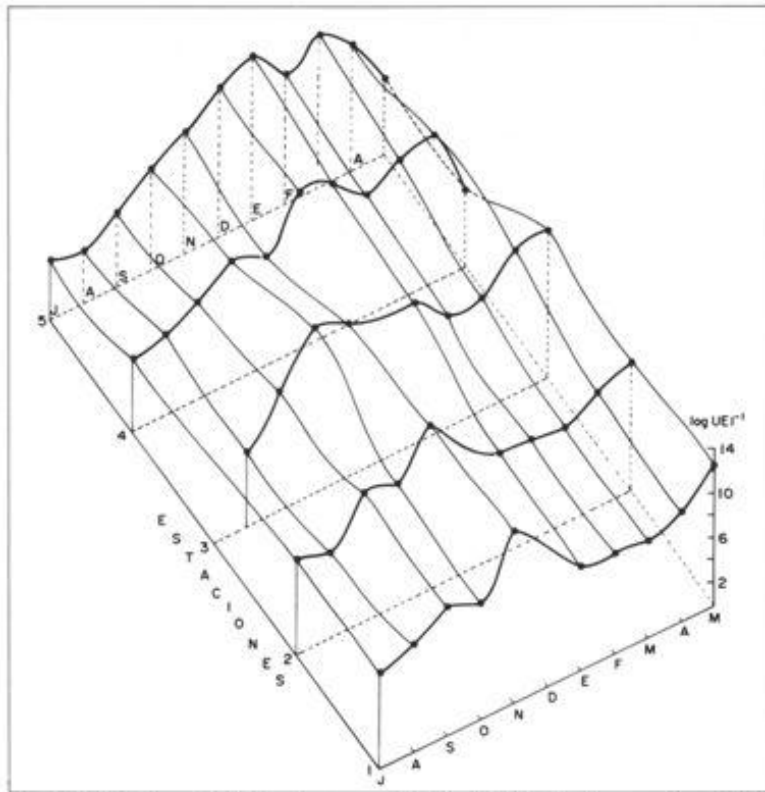


Fig. 6: Distribución espacial del fitoplancton superficial (log. de la abundancia expresada en unidades estándar por litro (U.E. l⁻¹)) en el eje longitudinal del embalse Rapel, desde la represa a la "cola" (Estación 1 a 5) durante junio a julio 1976-1977.

Spatial distribution of surface phytoplankton (log. of abundance) on the longitudinal axis of Rapel reservoir, station 1 to 5 during June and July, 1976-1977.

Spatial and temporal photosynthetic compartments during summer in Antarctic Lake Kitesh

V. Montecino¹, G. Pizarro¹, S. Cabrera¹ and M. Contreras¹

¹ Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Casilla 653, Santiago, Chile

² Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Casilla 70061-7, Santiago, Chile.

Received 13 September 1990;

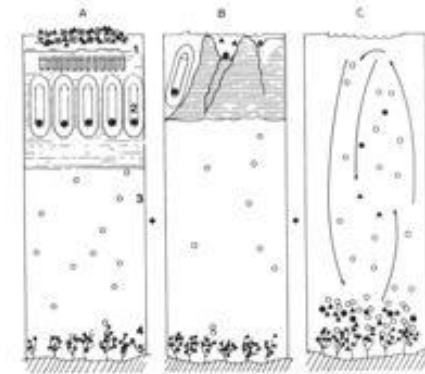


Fig. 1A-C. Summer dynamics of the ice cover in Lake Kitesh from A to B, up to the open water period in C. Numbers refer to the photosynthetic compartments: 1 Snow-algae, 2 Ice-algae, 3 Phytoplankton, 4 benthic moss with methaphyton, 5. Their location changes according to the disruption of the different layers depicted in A, these layers are shown as stars for snow, cubes for small acicular ice, bars for bigger ice columns (with a liquid central portion and air bubble on top) and horizontal lines for more compact ice. As the ice cover rises to the surface (B) bowls are formed where the snow and ice algae remain. In C the lake without ice cover and as thus without ice and snow algae. Theoretically these algae would sink down to the bottom or would remain in the plankton.

Dinámicas espaciales y temporales

Vila et al

Montecino et al