

# ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE ECOSISTEMAS

Clase 5. Ecosistemas acuáticos continentales. Tipos, grupos biológicos principales y funcionamiento. Ecología fluvial. Ecología de lagos, lagunas y embalses.

Ma 23/5 –



I. Machado y G. Chalar

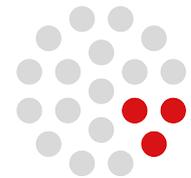
# Ecología de lagos y lagunas. Principales grupos biológicos y funcionamiento

Prof. Asistente Irene Machado

[imachado@cure.edu.uy](mailto:imachado@cure.edu.uy)



FACULTAD DE  
**CIENCIAS**  
UDELAR | [fcien.edu.uy](http://fcien.edu.uy)



**CURE**  
Centro Universitario  
Regional del Este



- Ciclo del agua: Importancia de la interconexión de los sistemas acuáticos

# Ecosistemas acuáticos continentales

- Sistemas lénticos: son ecosistemas acuáticos en cuerpos de agua “cerrados” que permanecen en un mismo lugar sin correr, ni fluir. Comprenden todas las aguas interiores que no presentan corriente continua; es decir, aguas estancadas sin flujo de corriente, como los lagos, las lagunas, los estanques y charcos temporales



Laguna Negra



Lago Rodó



Charco temporal

# Ecosistemas lacustres

- Cuerpos de aguas interiores sin comunicación directa con el mar (pocos iones disueltos comparado con el mar, con algunas excepciones)
- Corta durabilidad en términos geológicos: surgen y desaparecen (acumulación de materia orgánica y de sedimentación de sustancias inorgánicas transportada por los efluentes)
- La superficie y la profundidad de los lagos es variable a nivel global
- La mayoría presentan menos de 400 m de profundidad. Lago Baical (Rusia) es el más profundo con 1620 m de profundidad
- La mayoría presentan escasa superficie. Mar Caspio, Mar Muerto, Mar de Aral presentan gran superficie

LAGO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PROFUNDIDADE MÁXIMA (m)
Mar Cáspio	436.400	1.000
Vitória	68.800	80
Tanganica	35.000	1.435
Baical	33.000	1.620

# Ecosistemas lacustres en Uruguay

Sistemas	Origen	Zmax (m)	Cuenca (ha)	Área total (ha)	Perímetro total (m)	Área espejo (ha)	Área humedal (ha)	AC/AL	AL/AH	Nº afluentes	Asociación y dirección eje máximo	Unidad de suelo	GE	A	U	F	EA	Número de usos
AGUADA	Natural	1.4	44.7	7.4	1657	1.1	6.3	6.1	1.2	0	Costa-pa	AN	o			o		2
BARRO	Natural	2	33.8	21.8	2333	13.5	8.3	1.5	2.6	0	Costa-pa	LM			o	o		2
BLANCA	Natural	3.3	540.6	67.7	3536	28.7	39.0	8.0	1.7	2	Costa-pa	AN	o		o	o	o	4
CHAPARRAL	Natural	2.2	84.5	3.8	912	1.2	2.7	22.3	1.5	1	Costa-pa	AN	o		o			2
CHICA	Natural	1.7	53.5	2.2	712	2.2	0	24.2	-	1	Lagcost-pe	LM	o		o			2
CISNE	Natural embalsada	3.5	4885.8	200.4	12292	157.2	49.6	24.4	4.6	6	Costa-pa	BJ	o	o	o	o	o	5
CLOTILDE	Natural	3.7	286.7	114.9	8501	17.7	97.2	2.5	1.2	0	Costa-pa	AN	o			o		2
DIARIO	Natural embalsada	1.8	2462.2	207.6	7917	61.8	145.8	11.9	1.4	7	Costa-pe	AN			o	o		2
ESCONDIDA	Natural	5.4	479.9	26.8	3291	10.8	16.0	17.9	1.7	5	Costa-pe	LM	o	o	o	o	o	5
GARCÍA	Natural	2.4	89.0	17.2	3294	5.2	12.0	5.2	1.4	0	Costa-pa	AN	o		o	o	o	4
MANSA	Natural	1.2	62.2	12.3	2717	1.8	10.6	12.6	1.6	4	Lagcost -pe	LM	o					1
MOROS	Natural	3.2	66.9	9.7	2757	1.0	8.8	6.9	1.1	2	Costa-pe	AN	o			o		2
NUEVA	Natural	0.9	73.8	2.3	997	0.5	1.8	31.8	1.3	0	Lagcost -pa	LM	o			o		2
NUTRIAS	Natural	1.5	44.7	64.0	5342	33.8	30.2	4.2	2.1	4	Lagcost -pe	LM	o					1
PONDEROSA	Natural	1.3	33.8	3.7	832	0.6	3.1	26.1	1.2	2	Costa-pa	AN	o		o			2
REDONDA	Natural	3.6	540.6	6.8	1220	4.7	2.1	26.4	3.3	3	Costa-pe	AN	o			o		2
TECHERA	Natural	1.2	84.5	3.0	940	1.0	2.0	14.4	1.5	1	Lagcost -pe	LM	o		o			2
PAJARERA	Artificial	1.2	-	-	-	-	-	-	-	0	-	AN			o	o		2
Media	-	2.3	573.5	45.4	3485	20.2	25.6	14.5	1.8	2	-	-	-	-	-	-	-	2.6
ds	-	1.2	1252.4	67.1	3267	38.9	39.7	9.8	0.9	2	-	-	-	-	-	-	-	1.2

# Génesis de ecosistemas lacustres

- EL formados por movimiento diferencial de corteza terrestre
- EL de origen volcánico
- EL glaciares
- EL formados por disolución de rocas
- EL formados por la actividad de ríos
- EL formados por viento
- EL asociados a línea de costa: lagunas costeras

# Génesis de ecosistemas lacustres

- EL formados por movimiento diferencial de corteza terrestre



Ej. Mar Caspio y Mar Aral

# Génesis de ecosistemas lacustres

- EL origen volcánico

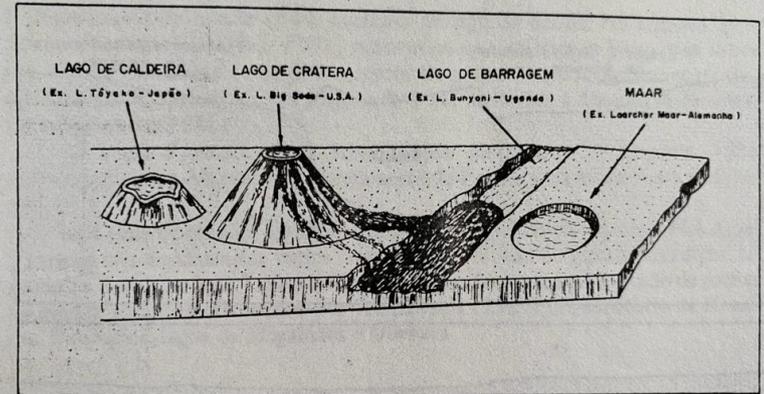


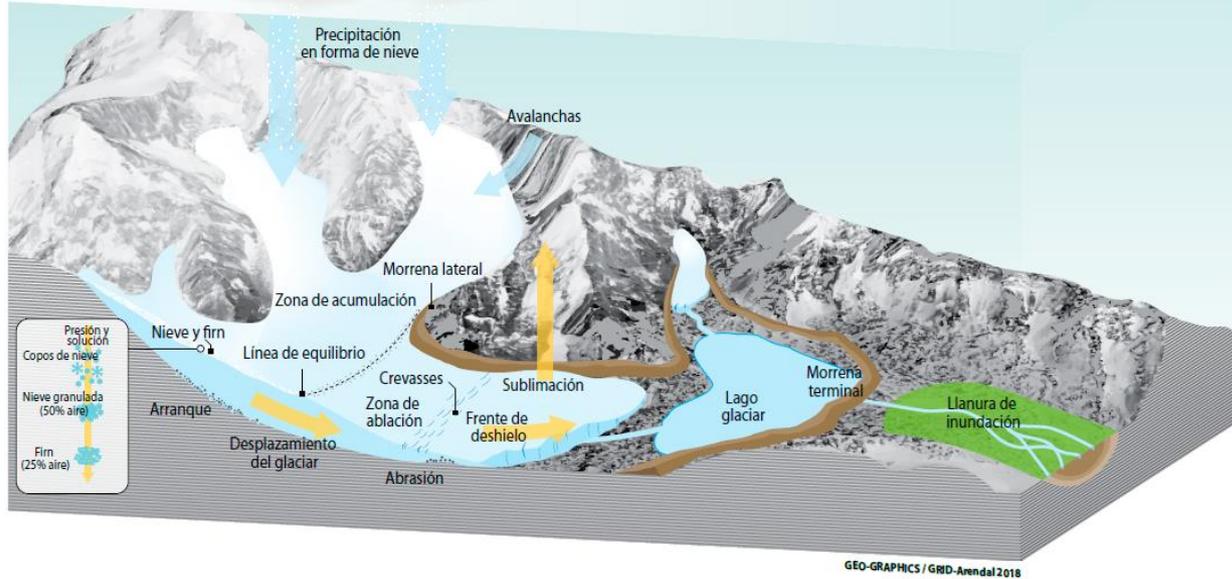
Fig. 5.3 - Tipos de lagos de origem vulcânica. Modificado de SCHWÖRBEL (1971)

Ej. Islas Azores

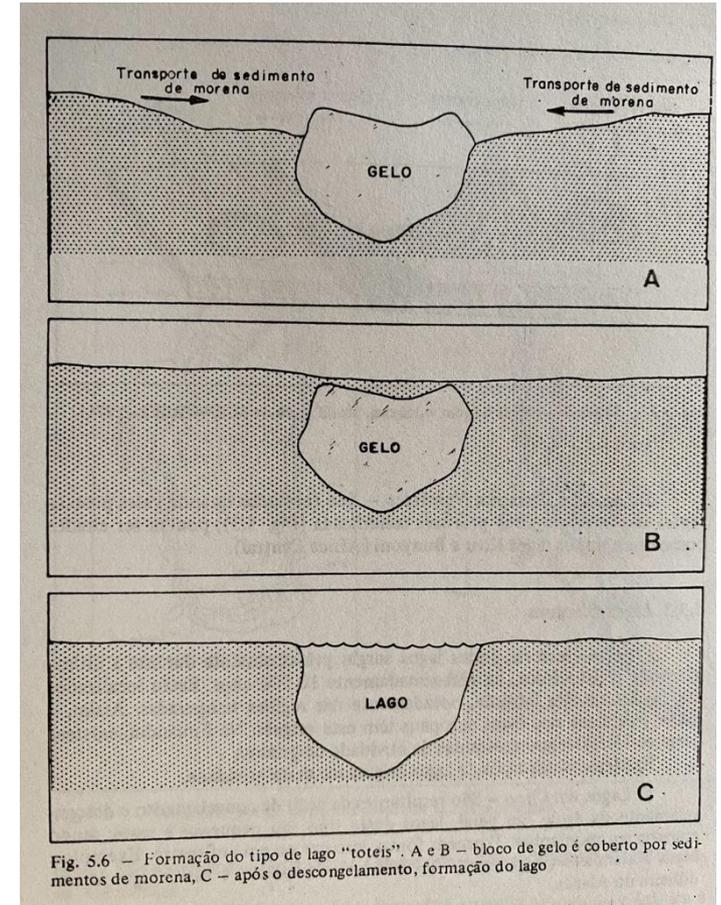
# Génesis de ecosistemas lacustres

- EL glaciares

## Balance de masas glaciar



Latitudes altas  
(Ej. Chilen y Argentina, Norte del H. Norte)



# Génesis de ecosistemas lacustres

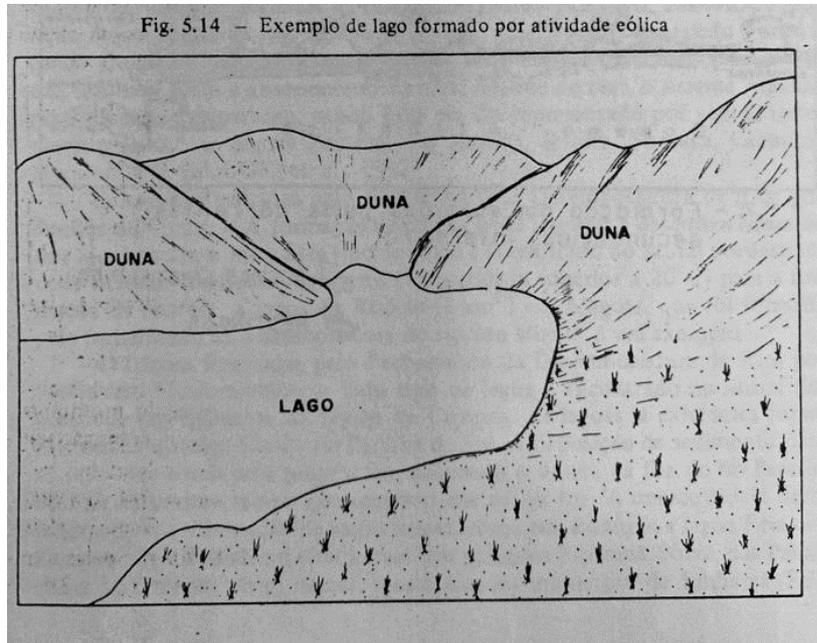
- EL disolución de rocas

En la erosión kárstica, el suelo calcáreo es susceptible de ser erosionado químicamente por algún contenido ácido, produciéndose depresiones o filtraciones subterráneas (lagos, grutas, etc)



# Génesis de ecosistemas lacustres

- EL formados por viento



# Génesis de ecosistemas lacustres

- EL asociados a la línea de costa: lagunas costeras

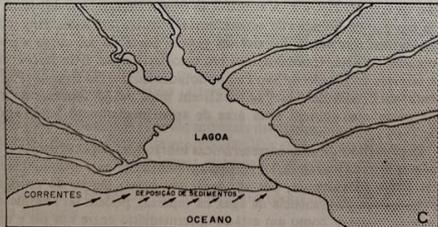
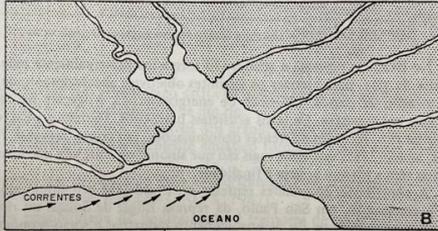
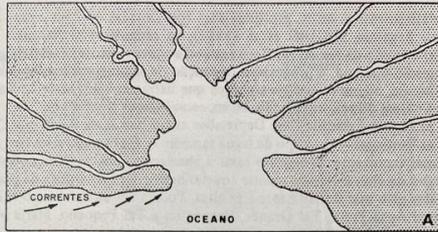


Fig. 5.16 – Lagoa formada pelo isolamento de um estuário, geralmente transformam-se em ambientes de água doce no decorrer do tempo



# Génesis de ecosistemas lacustres

- EL de origen antrópico
  - Canteras



Ciudad de la costa

# Génesis de ecosistemas lacustres

- EL de origen antrópico
  - tajamares y embalses

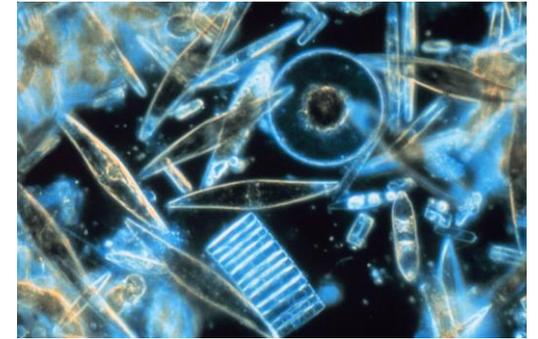
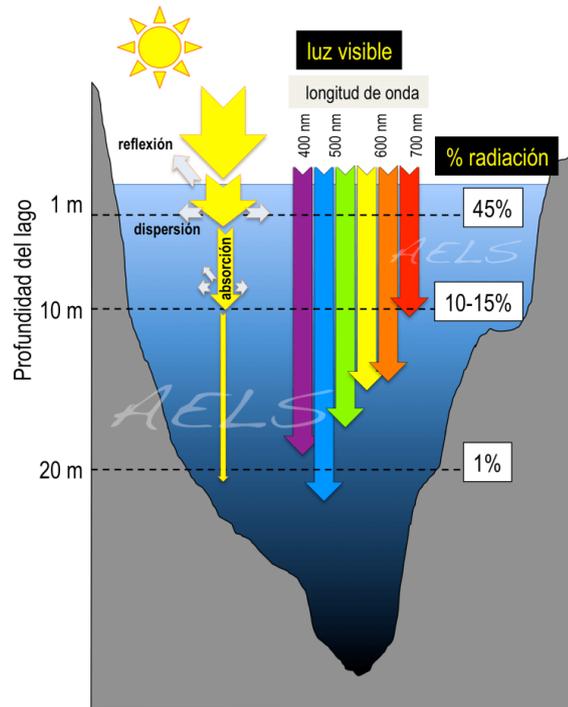


Rincón de Baygorria



# Características del medio acuático

- Medio acuoso: acelera transferencia de nutrientes y metabolitos a través de las membranas celulares

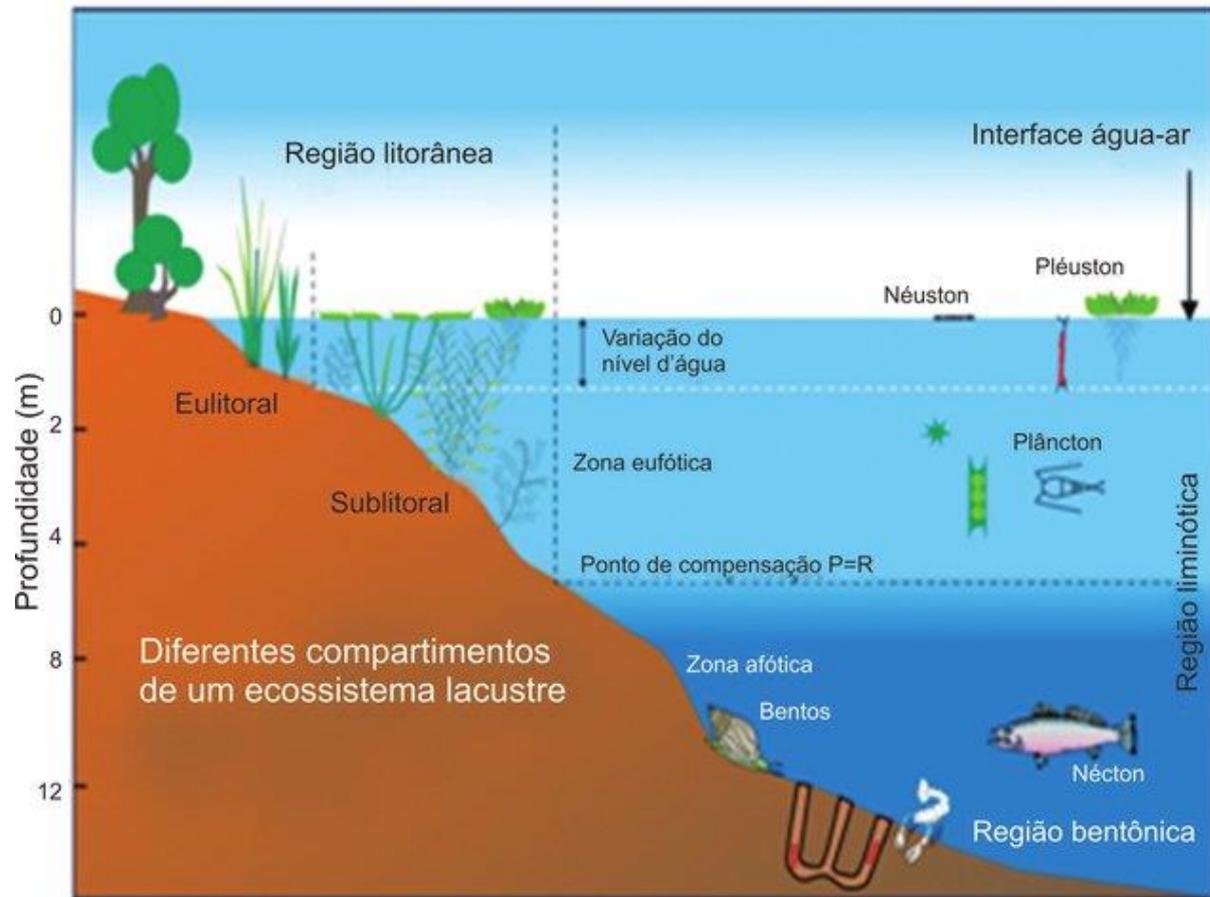


- Alta viscosidad permite organismos nectónicos (que nadan) y planctónicos (que están a la deriva de corrientes)

- Elevado calor específico y refracción genera gradientes verticales de luz y calor

<https://aulaestudiolagosanabria.info/absorcion-de-la-luz/>

# Compartimientos y sus comunidades



## **.Región litoral:** Eulitoral y Sublitoral

- vegetación acuática (macroalgas, briofitos, plantas acuáticas)
- Transición entre sistema terrestre y acuático
- Gran complejidad trófica: Hervíboros y detritívoros
- Importancia de las macrófitas en la diversidad y en estabilizar relaciones de competencia y predación
- Extensión de la región litoral depende de la morfología del sistema (tamaño, profundidad, relación perímetro/volumen)
- Lagos profundos, represas, no favorecen el desarrollo de esta zona

# Comunidad litoral

**Emergentes**



**Hojas flotantes, enraizadas**



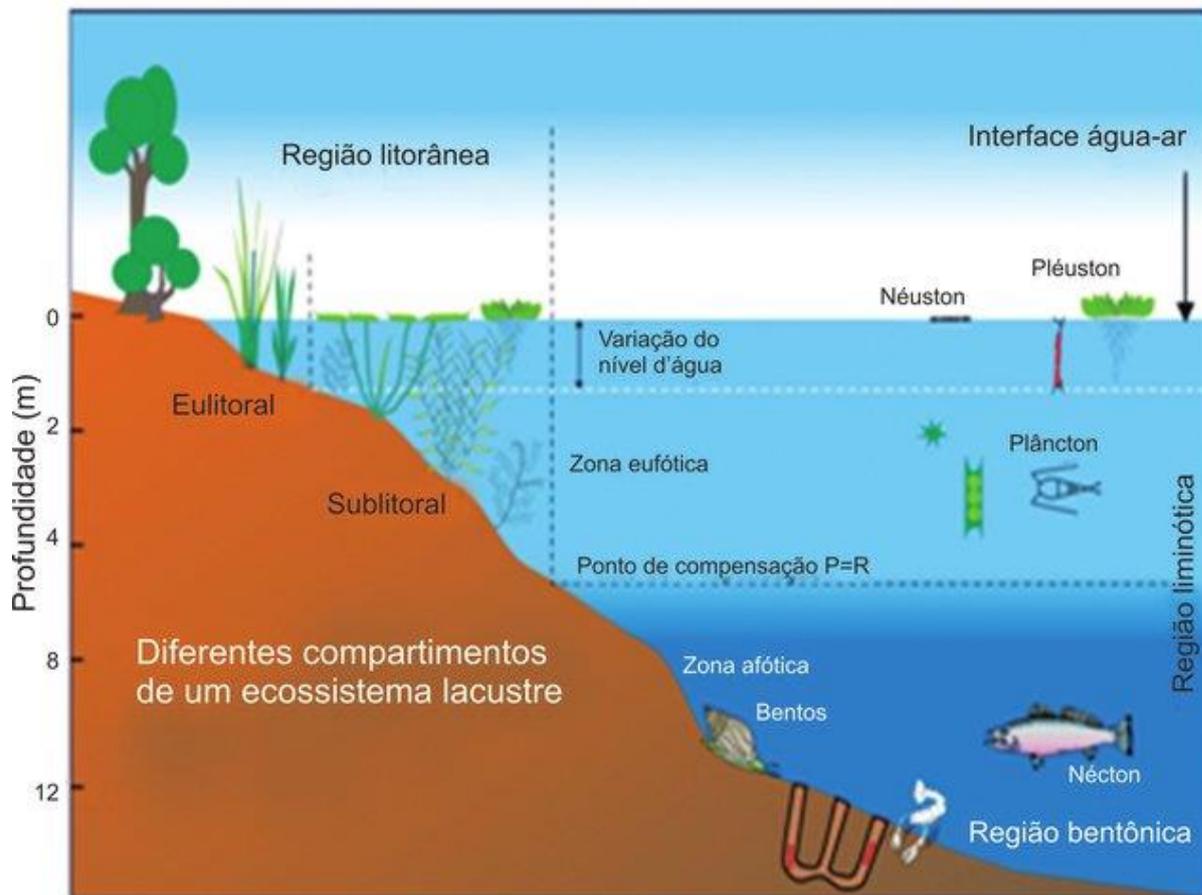
**Flotantes**



**Sumergidas**



# Compartimientos y sus comunidades



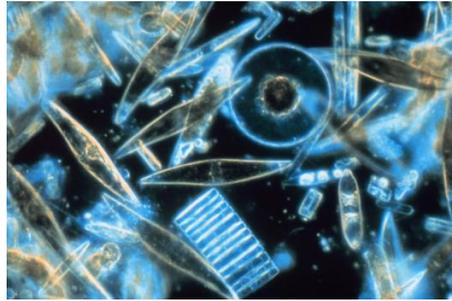
## • Región pelágica o limnética:

Zona eufótica y afótica

- Homogénea horizontalmente, con gradientes verticales (ej. temperatura, oxígeno, pH) debido a la disminución en la penetración de la radiación solar
- Comunidades: plancton (virus, bacterias, algas, invertebrados, larvas de peces) y necton (peces adultos).

# comunidad pelágica

Flotantes



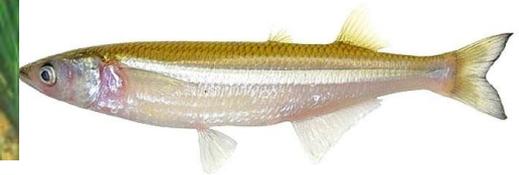
fitoplancton



Invertebrados sobre o en superficie  
(pleuston, neuston)

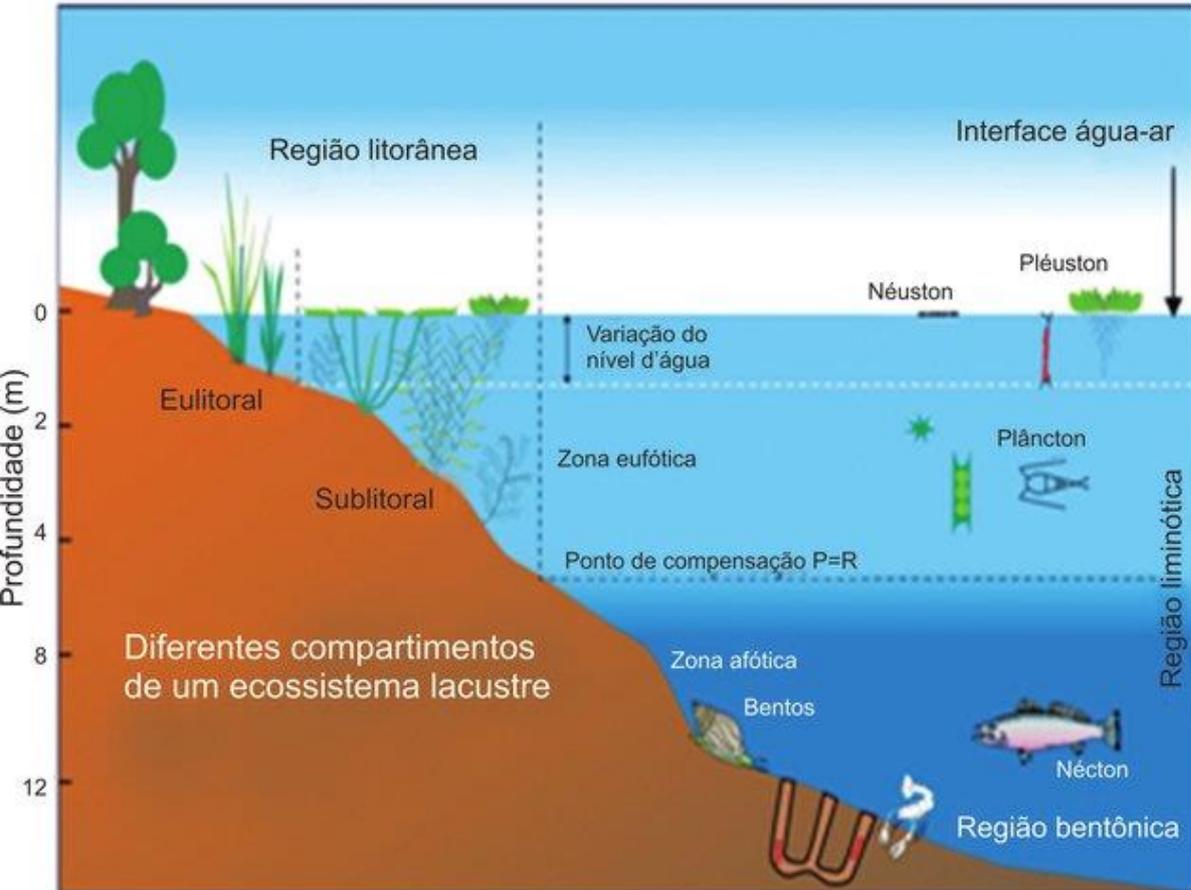


zooplancton



Peces (neuston)

# Compartimientos y sus comunidades



• **Región bentónica:** consolidados o no consolidados

• Heterogénea horizontalmente y verticalmente (gradientes verticales (oxígeno, pH, Mat. Orgánica))

• Puede estar dentro de la zona eufótica o afótica

• Comunidades: algas pterifíticas, macrófitas, bacterias, insectos e invertebrados y algunos peces

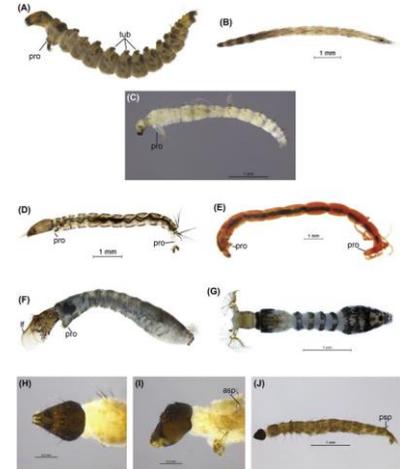
• Actividad biogeoquímica

• Integra la historia evolutiva (paleolimnología)

# comunidad bentónica



Bivalvos y gasterópodos



Invertebrados bentónicos



Aeglas

Sumergidas

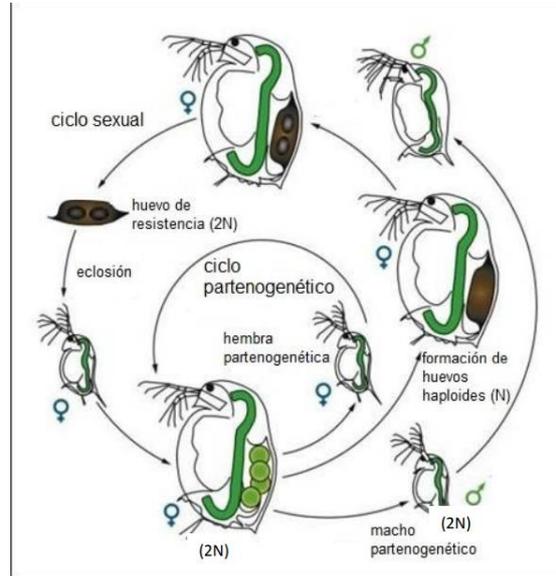


# Acoplamiento entre compartimentos

• Los organismos se mueven entre compartimentos y hace uso de los mismo en diferentes etapas



• Peces pelágicos desovan en litoral



• Huevos de dormancia del zooplancton



• Bioturbadores que liberan nutrientes a la columna de agua

• Peces que se alimentan de bentos pero pasan tiempo en la zona pelágica

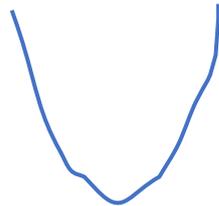
# Diversidad en sistemas lacustres

- Características físico-químicas del agua

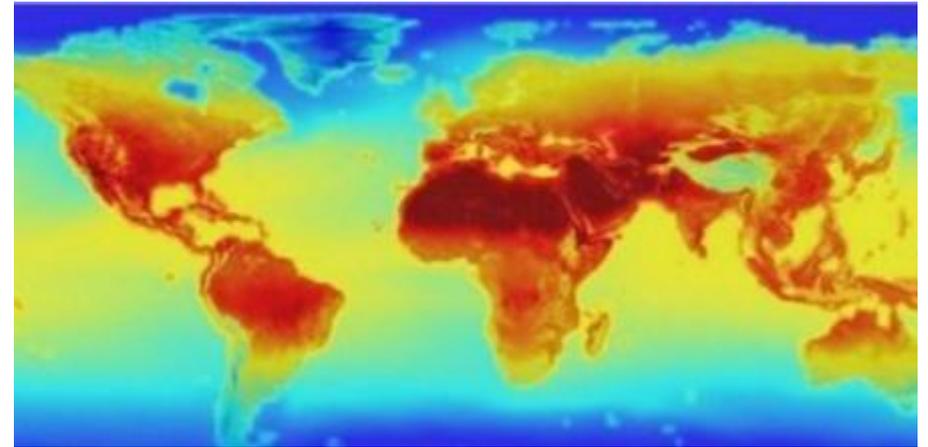
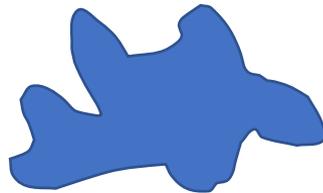
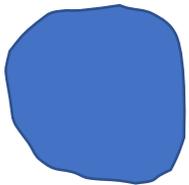


- Morfología

Profundidad



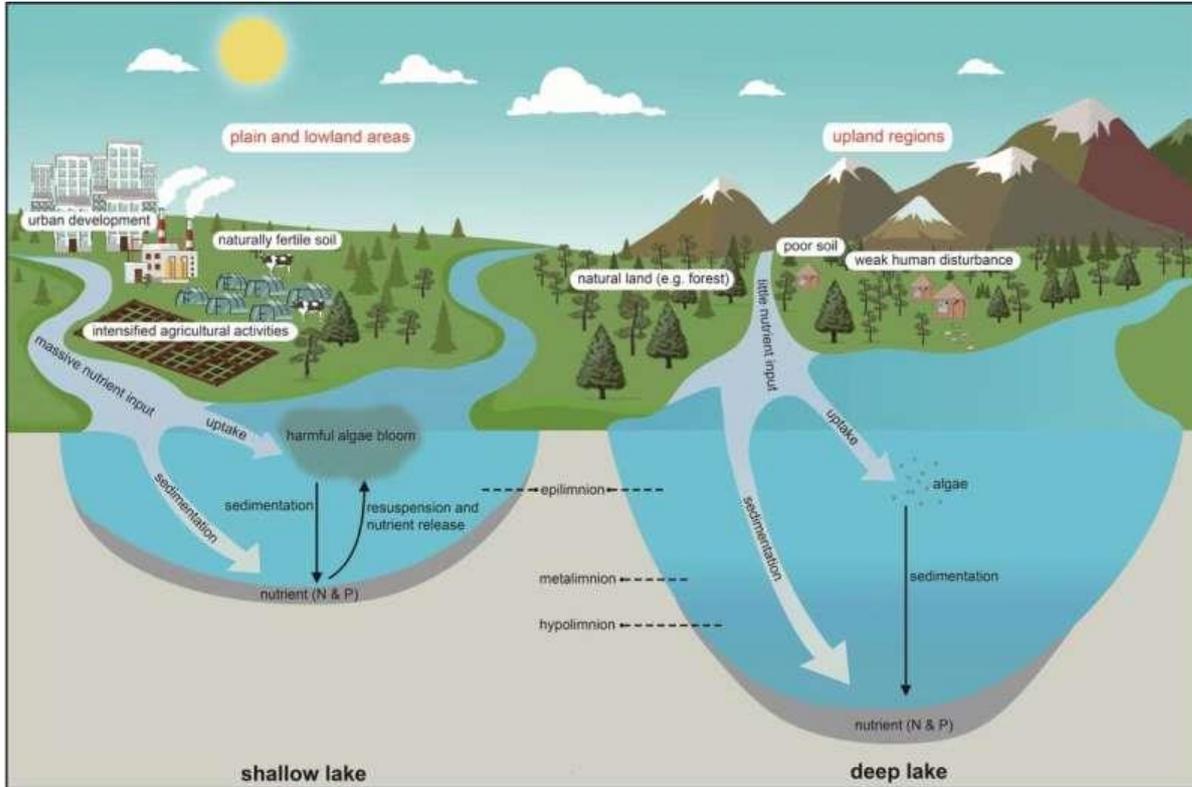
Contorno



Ubicación geográfica: Latitud, distancia al mar

# Lagos someros vs profundos

La profundidad tiene un profundo efecto en la ecología



Diferencias y como la profundidad puede impactar en la calidad del agua

## Lagos someros

- < 5 metros de profundidad
- Suelen estar en parte baja de una cuenca (planicies, tierras bajas)
- Importancia de zona litoral y transición agua-tierra, y procesos de resuspensión

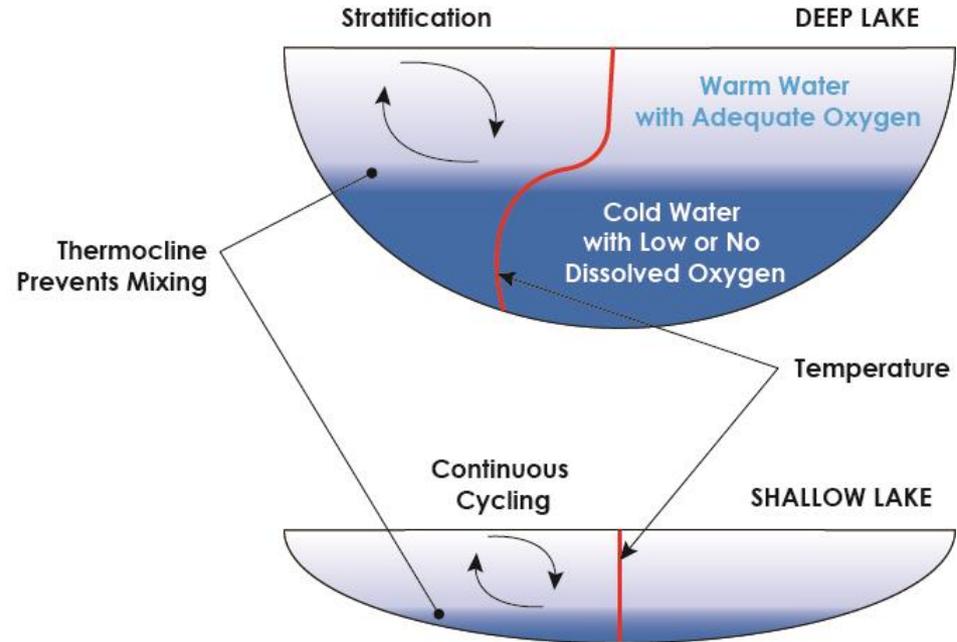
## Lagos profundos

- > 5 metros de profundidad
- Suelen estar en cuenca alta
- Importancia de la zona pelágica, principalmente del hipolimnion

Lagos profundos pueden estratificarse térmicamente:

- Aguas del fondo no se mezclan con las de la superficie (ej. en verano)
- Las aguas del fondo pueden quedar deficientes de oxígeno disuelto
- Efectos negativos habitat y organismos que ocupan hipolimnion y la carga de nutrientes del lago (generalmente nitrógeno y fósforo)

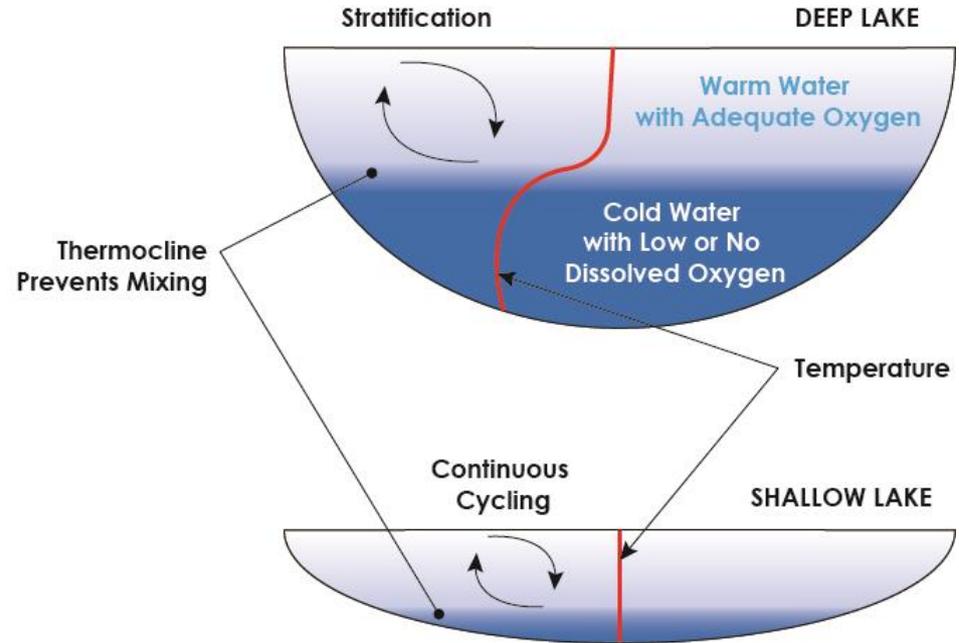
### Lake Depth and Stratification



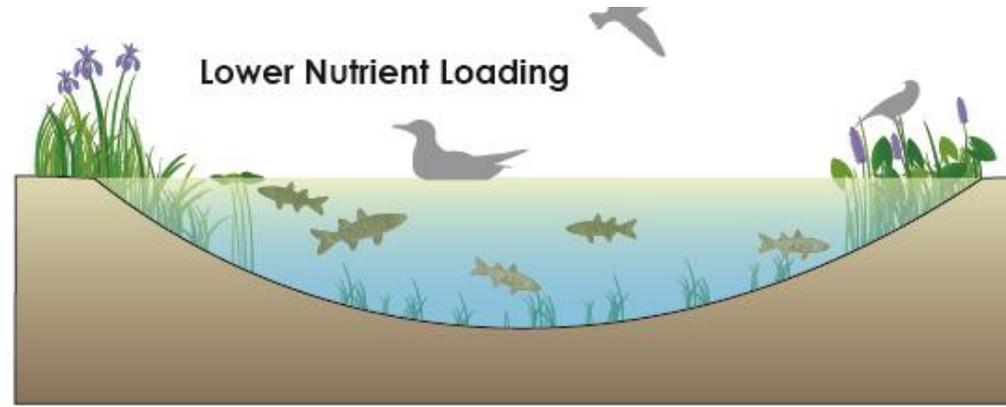
Lagos someros no se estratifican térmicamente:

- Aguas mezcladas y oxigenadas desde el fondo hasta la superficie.
- Reciben mucha luz solar estimulando el crecimiento de plantas acuáticas

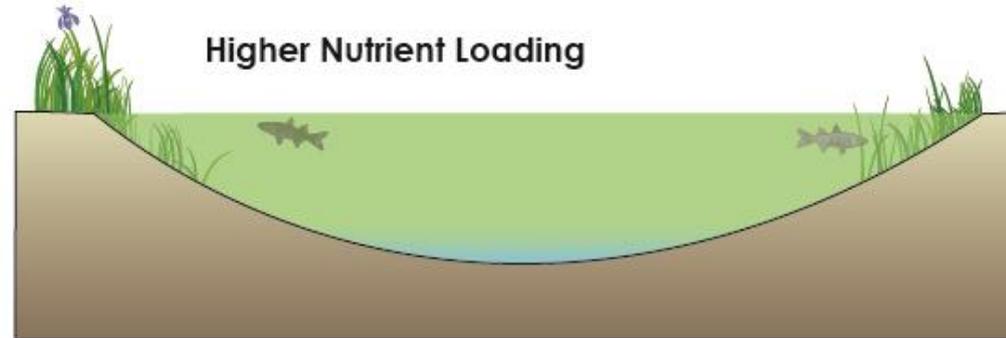
### Lake Depth and Stratification



Baja carga de nutrientes permite mayor biodiversidad (lago oligotrófico)



Alta carga de nutrientes disminuye biodiversidad y funciones ecosistémicas (lago eutrófico)



Proceso de eutrofización: aumento de carga de nutrientes en un sistema (fuentes difusas y puntuales)

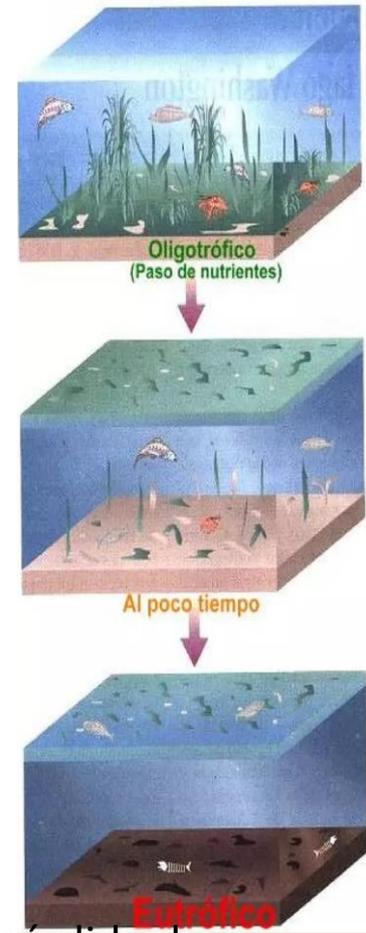
# Cambio de fase clara a oscura



Lago oligotrófico



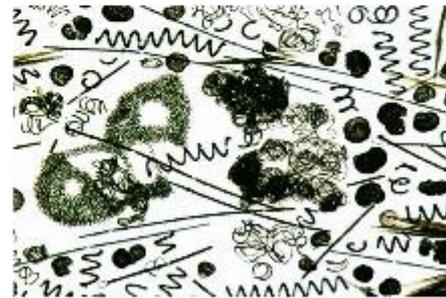
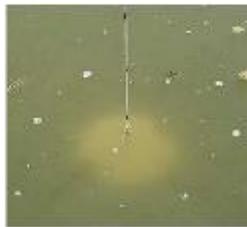
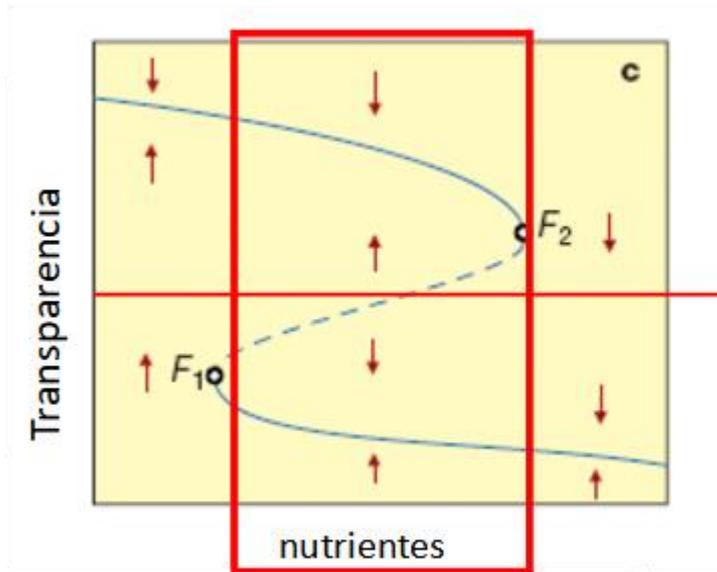
Lago hipereutrófico



Impactos negativos de la eutrofización: pérdida de servicios ecosistémicos, pérdida de biodiversidad, consecuencias en salud humana

## Dinámica y funcionamiento de los ecosistemas

**Estados Estables Alternativos:** en lagos someros dentro de un rango moderado a alto de nutrientes pueden existir dos estados estables que son alternativos (Scheffer 1998)



**Implicancias:** si queremos recuperar o restaurar el ecosistema, esto nos dan una idea de la energía que tenemos que invertir. **Histéresis:** el sistema requiere más energía para recuperarse que para haber cambiado de estado. Esto guía a la medidas de restauración, donde los ecosistemas pueden seguir trayectorias diferentes para recuperarse, VER IMAGEN

- Han sido objeto de intensas investigaciones y debates los umbrales de nutrientes que modulan el paso de un estado de agua clara a un estado de agua turbia, y para que se produzca el paso inverso

La evidencia hoy en día indica:

- Determinar esos umbrales para una región determinada y una masa de agua concreta antes de que se produzca el cambio ha resultado extremadamente difícil, si no imposible.

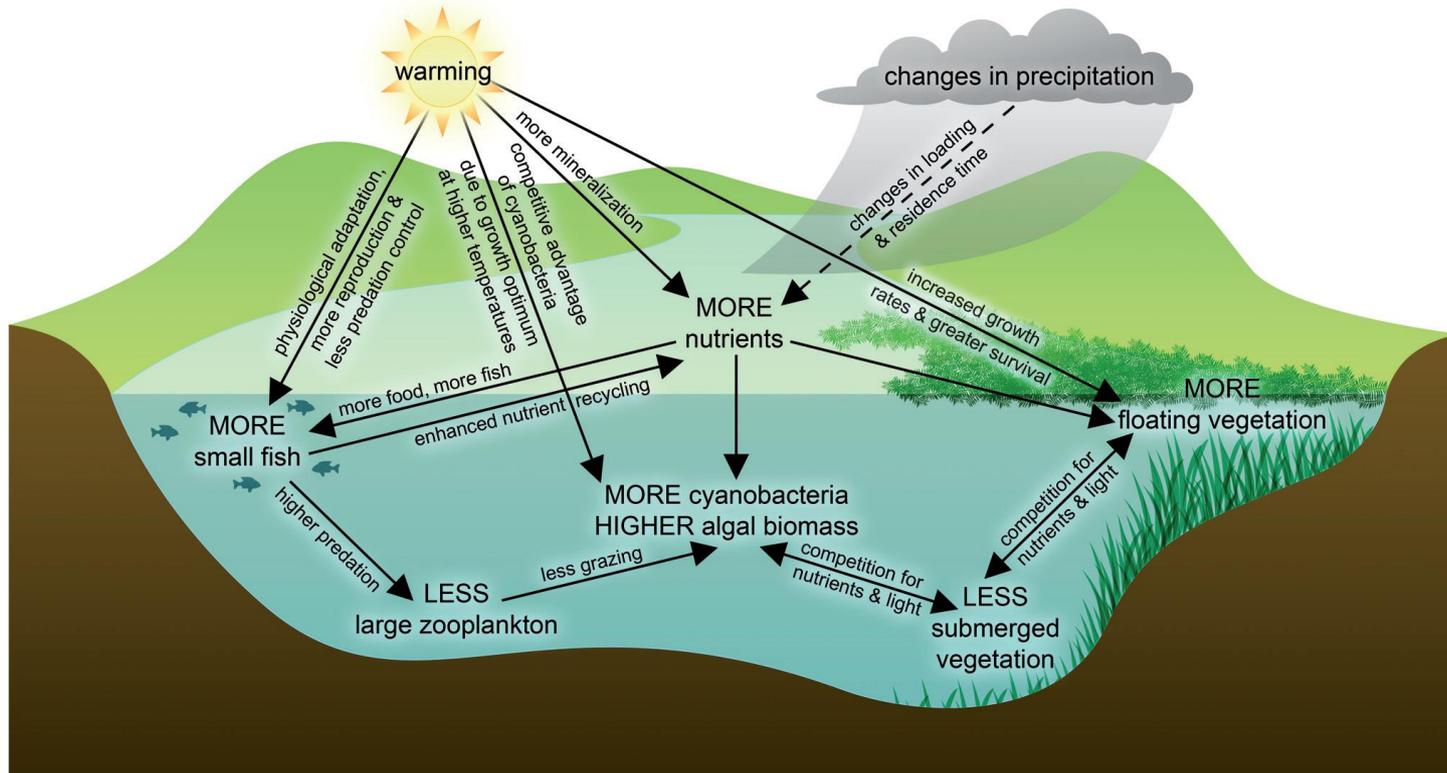


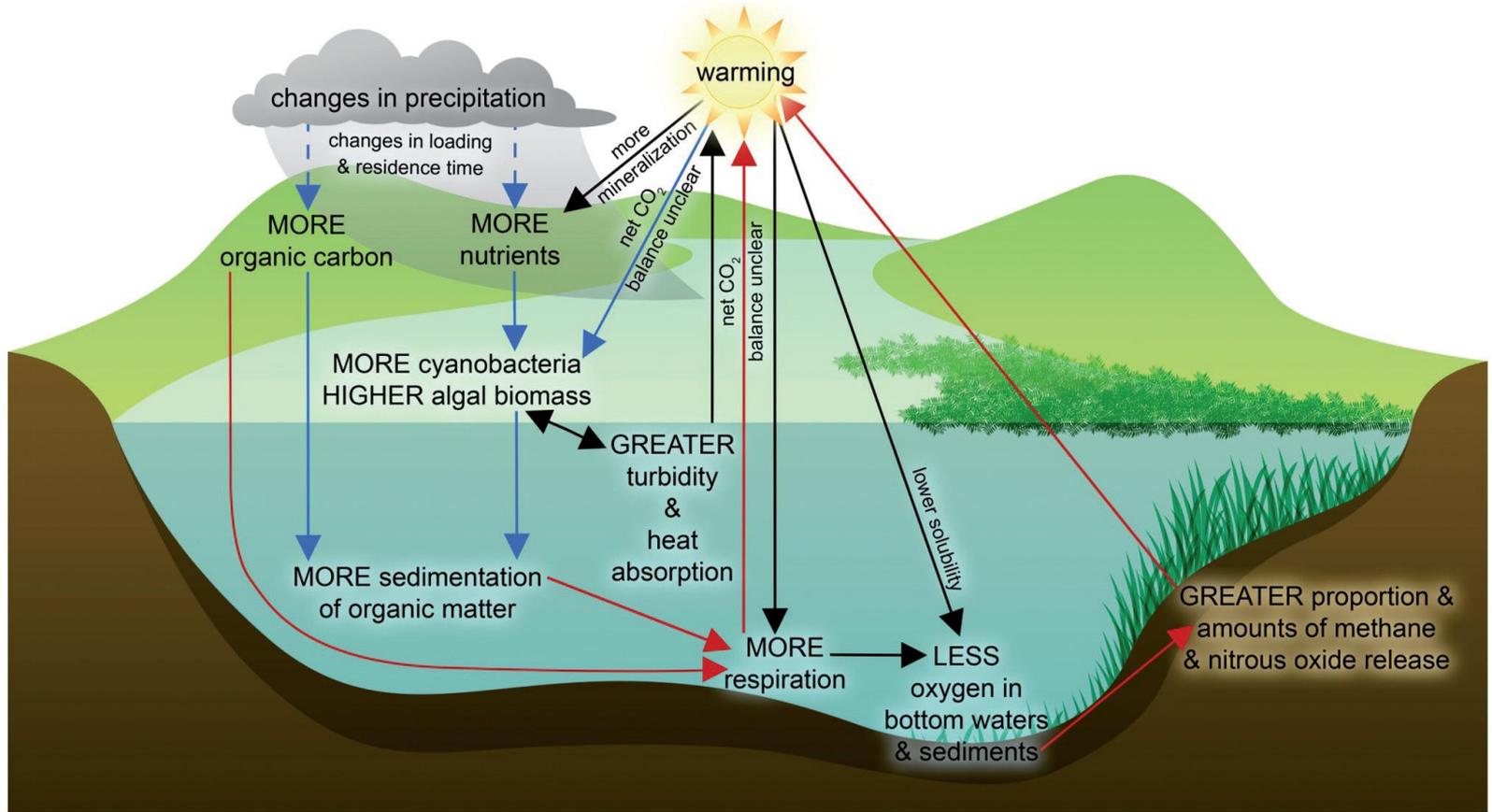
Importancia de la prevención

# Cambio climático y eutrofización

Moss et al. 2011. Allied attack: climate change and eutrophication

Lagos someros





**Fig.** Indicaciones actuales de los efectos de retroalimentación de la eutrofización sobre el cambio climático. **Las flechas azules indican rutas de secuestro de carbono; las rojas, rutas de emisión de carbono; las negras, otros efectos climáticos.** Dado que tanto la absorción como la liberación de CO<sub>2</sub> pueden aumentar con eutrofización, el balance neto de CO<sub>2</sub> no está claro. El aumento de metano y óxido nítrico es más probable. La flecha discontinua indica que los cambios en los regímenes de precipitación pueden provocar una mayor o menor carga de carbono orgánico, dependiendo de las circunstancias locales y regionales.

# Meerhoff et al. 2022. Feedback between climate change and eutrophication

## Lagos someros

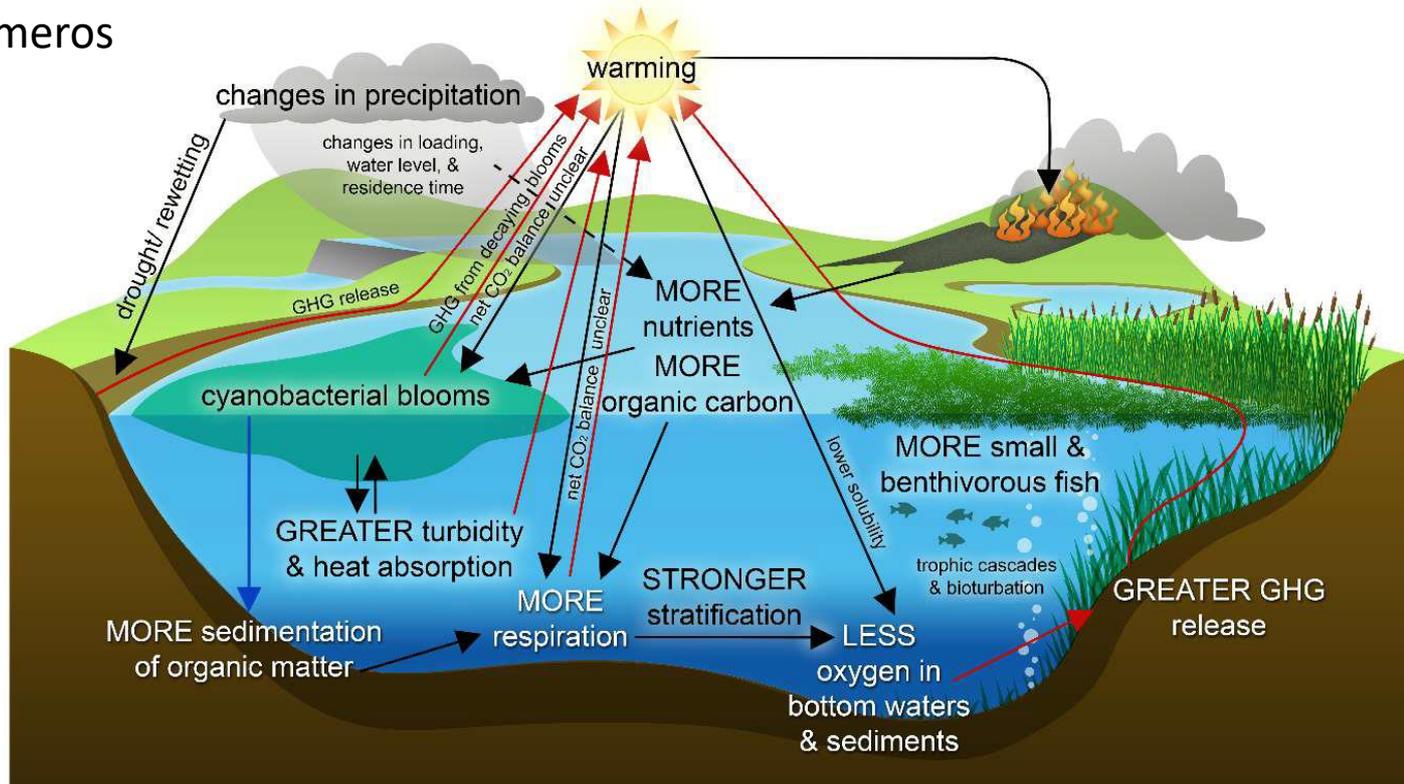
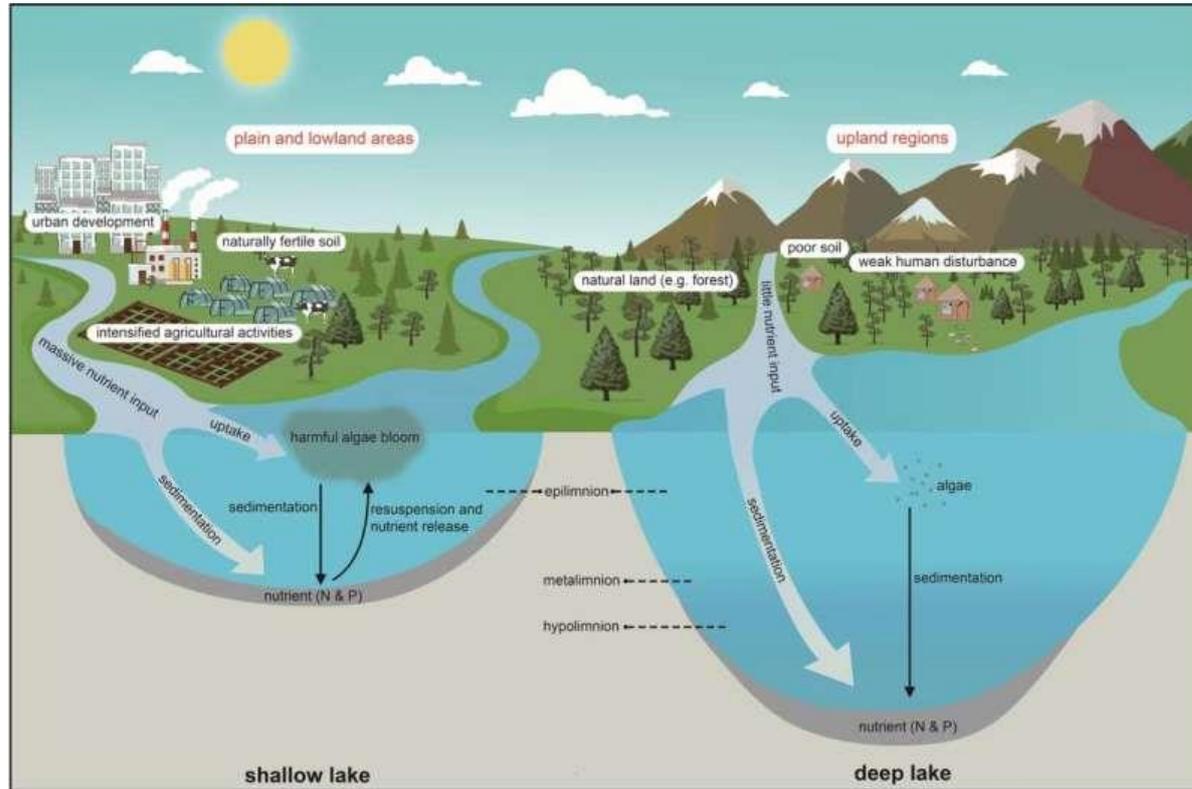


Fig. 2. Indicaciones actuales de los efectos de retroalimentación de la eutrofización sobre el cambio climático. Las **flechas azules indican rutas de secuestro de carbono**; **las rojas, rutas de emisión de carbono**; **las negras, otros efectos climáticos**. Dado que tanto la absorción como la liberación de CO<sub>2</sub> pueden aumentar con eutrofización, el balance neto de CO<sub>2</sub> no está claro. Los GHG se producen y liberan por difusión a través de diferentes compartimentos lacustres, y CH<sub>4</sub> también por ebullición (burbujas).

La capacidad natural de auto-reparación de los ecosistemas (o resiliencia, sensu Folke 2016) puede debilitarse, con los consiguientes aumentos en la sensibilidad del ecosistema a otros estresores externos, como efectos derivados del aumento del uso antropogénico

- Fragmentación de hábitat
- Deterioro de compartimentos acuáticos
- Deterioro de la biota por ingreso de componentes tóxicos

# Otros elementos de uso antrópico llegan y se acumulan en agua y sedimento



En lagos someros hay mas resuspensión

En lagos profundos tiende a acumularse mas en el sedimento

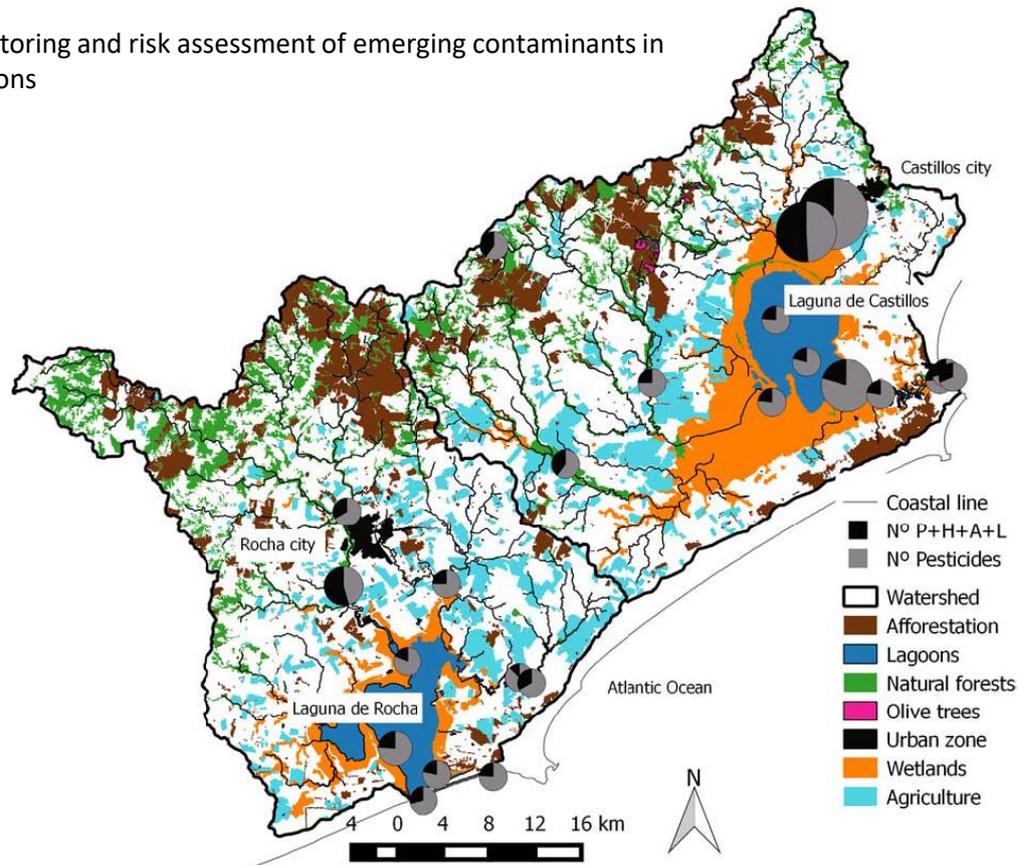


Fig. 3. Land use, land cover and spatial distribution of identified emerging contaminants along basins of Laguna de Rocha and Castillos. Circle size represents total number of emerging contaminants.

Se identificaron 56 compuestos EC, incluidos cinco plaguicidas prohibidos en la Unión Europea: atrazina, carbendazim, clorpirifos etílico, diazinón y etión. Los productos farmacéuticos, las hormonas y las drogas de abuso mostraron máximas frecuencias de detección y concentraciones aguas abajo de las ciudades. La mayor incidencia de pesticidas se encontró en lagunas y arroyos con actividad agrícola vecina. También se encontraron EC en el mar costero. La evaluación del riesgo ambiental reveló que las hormonas  $17\alpha$ -etinilestradiol y  $17\beta$ -estradiol mostraron el mayor riesgo para los organismos acuáticos en estas cuencas.