



# LIMNOLOGÍA 2022

**Docentes: M.Sc. Florencia Balay, M.Sc. Maite Burwood, Lic. Claudia Fosalba, Lic. Lucía González-Madina, Lic. Bruno Gorostidi, Lic. Paula Levrini y Dr. Néstor Mazzeo**



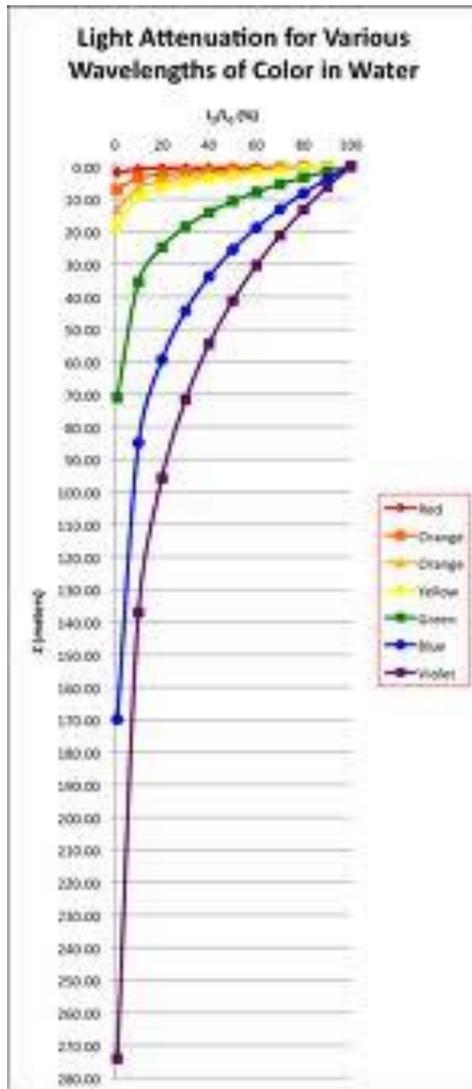
# SISTEMAS LÉNTICOS: PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS FUNDAMENTALES

Dr. Néstor Mazzeo



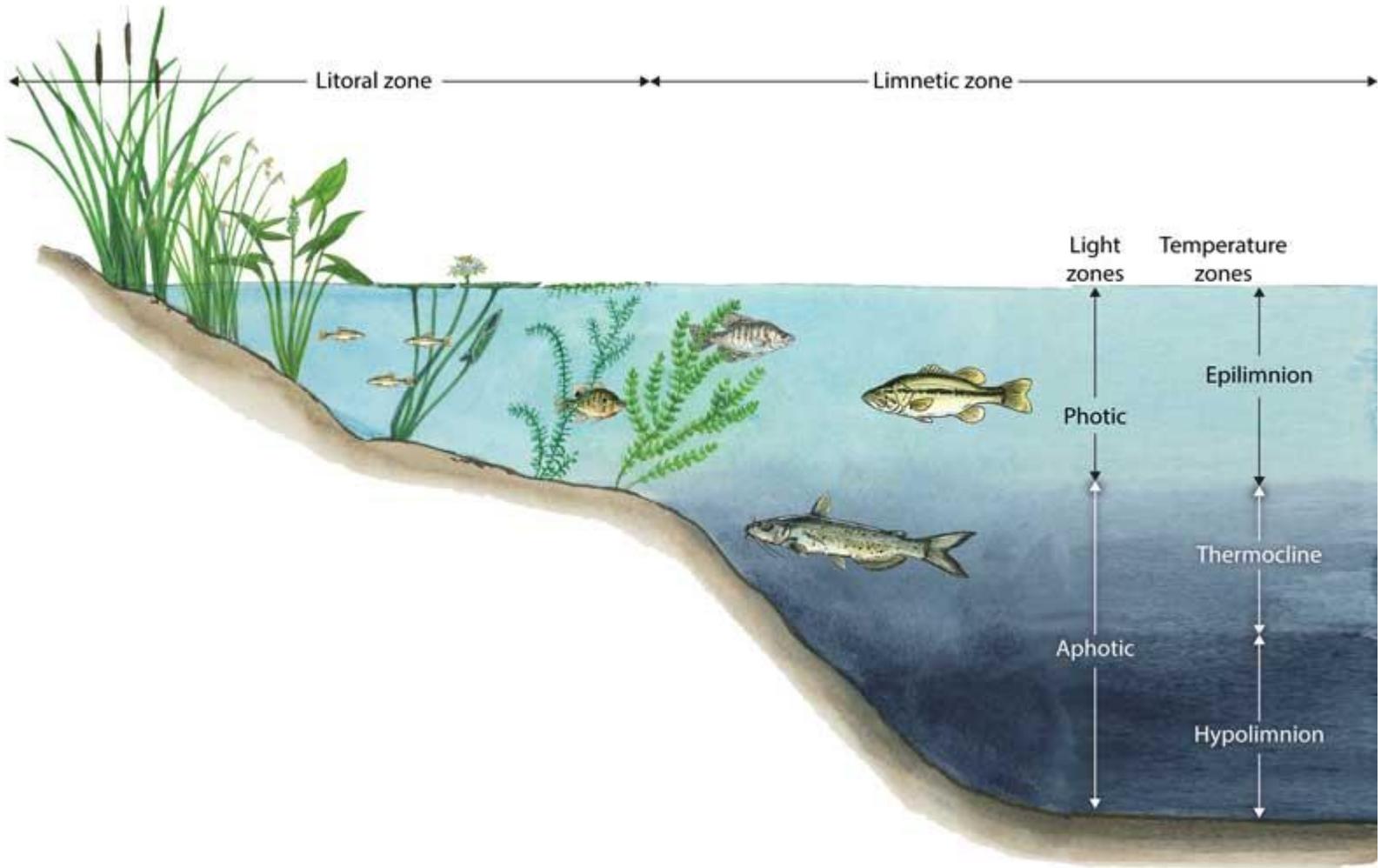
## CONTENIDO

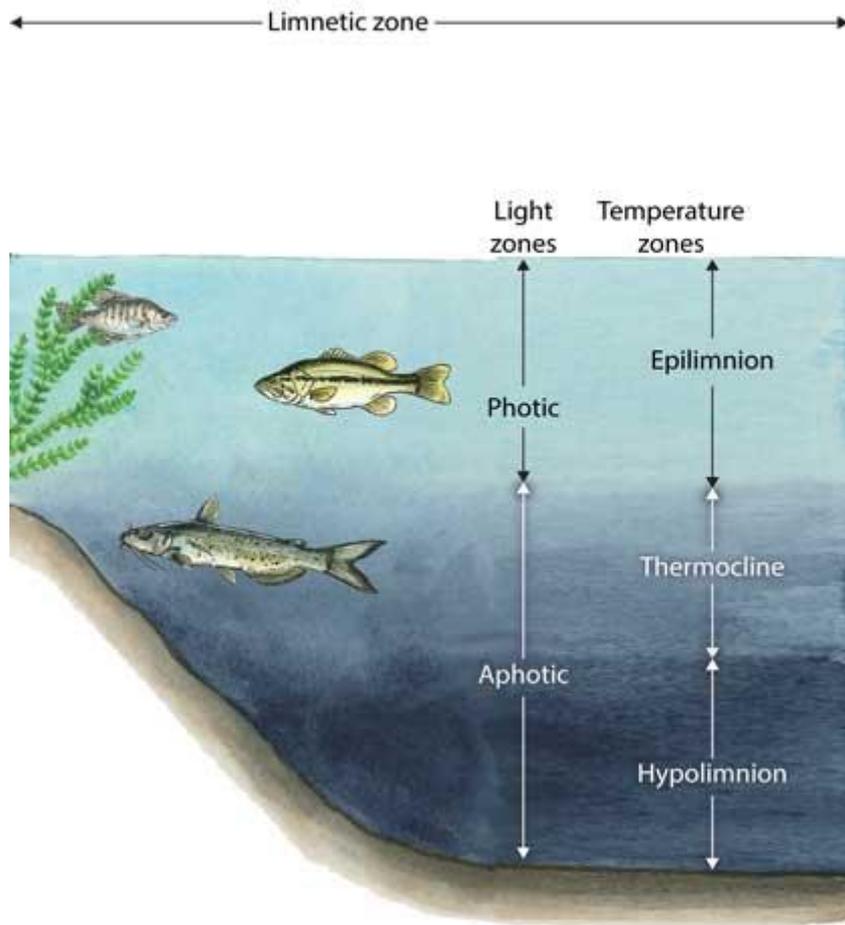
- Luz
- Temperatura y régimen térmico
- Gases
- Principales cationes y aniones
- pH y conductividad
- Potencial redox
- Nutrientes



## Propiedades fisicoquímicas:

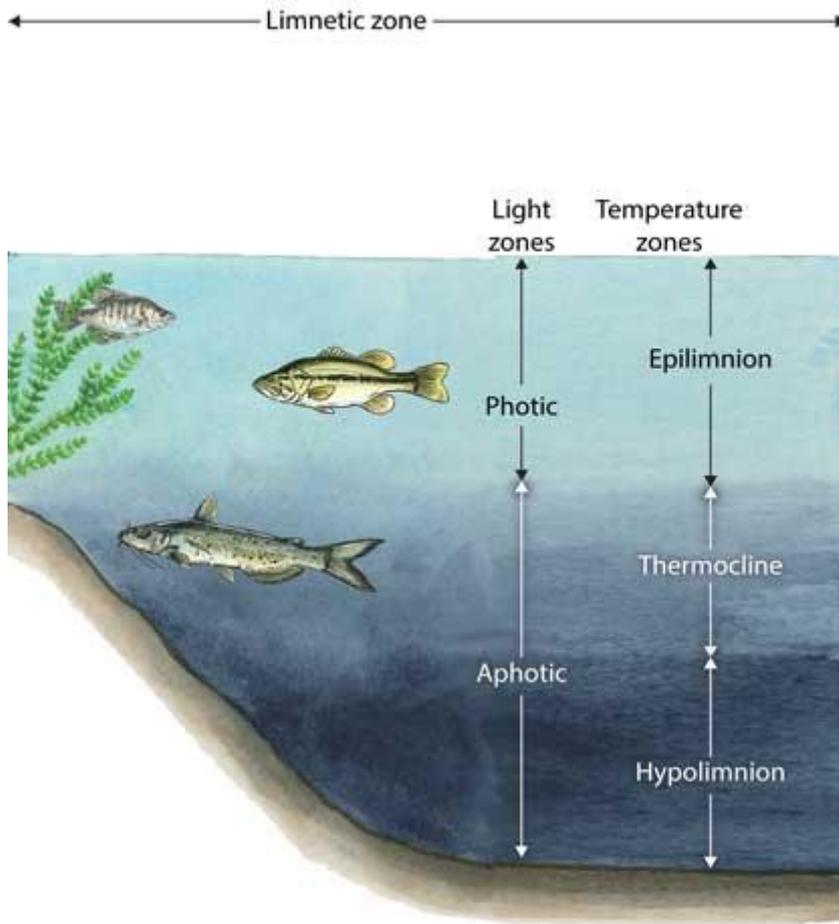
- La radiación que alcanza la superficie de la tierra incluye longitudes de onda de 300 a 3000nm. Esta puede ser dividida en tres categorías con diferentes efectos sobre los organismos
- 300-380 nm. Ultravioleta. Afecta negativamente los organismos expuestos
- 380-750 nm. Radiación visible, incluye la radiación fotosintéticamente activa (PAR:400-700 nm)
- 750-3000 nm. Radiación infrarroja





## Propiedades fisicoquímicas:

- La radiación que penetra en la columna de agua es rápidamente absorbida, generando un gradiente vertical de luz que regula la producción y la vida en los lagos
- Además de la absorción, la luz puede ser dispersada o transformada en otras fuentes de energía



## Propiedades fisicoquímicas:

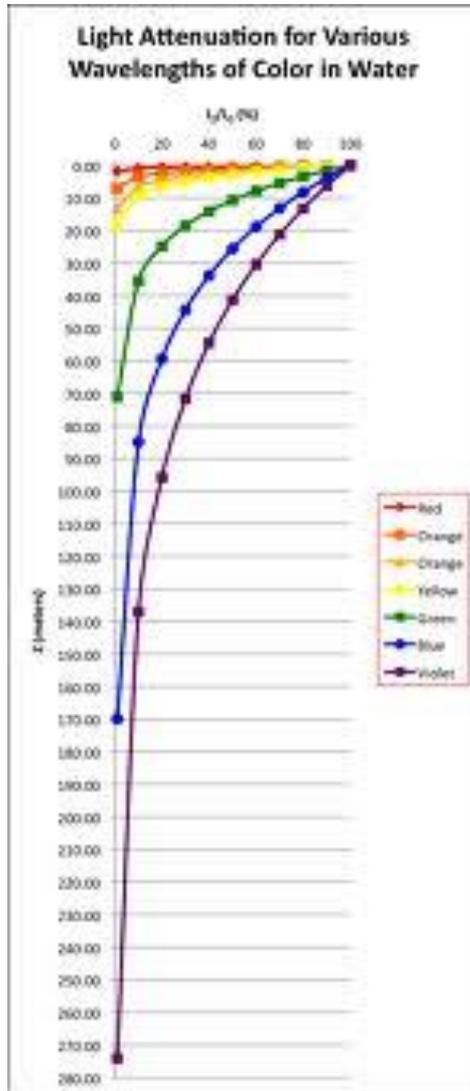
- El grado de reducción de la intensidad de la luz en profundidad se denomina atenuación vertical y puede ser analizada mediante una función exponencial negativa

$$E_d(z) = E_d(0)e^{-k_d \cdot z}$$

$$K_d = \frac{\ln E_d(0) - \ln E_d(z)}{z}$$

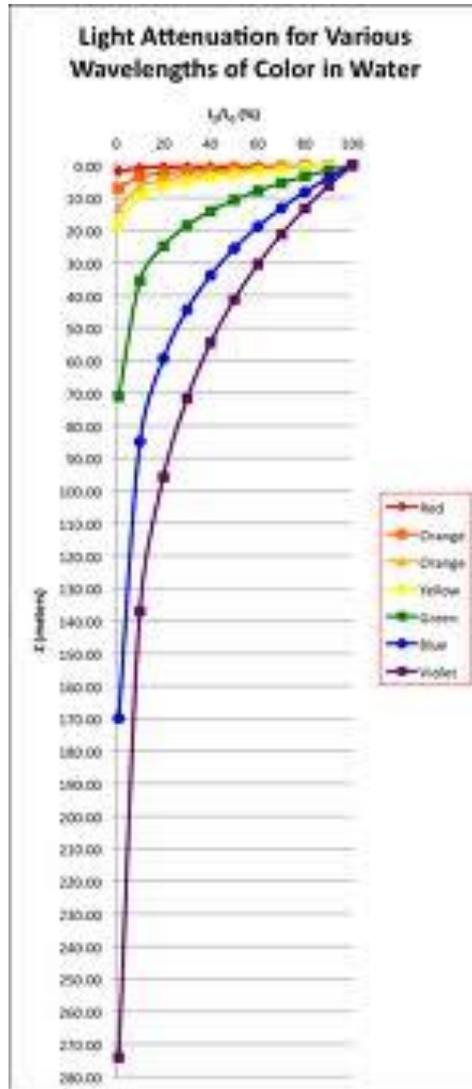
$K_d$  = Coeficiente de atenuación vertical.

$E_d(z)$  y  $E_d(0)$  = Intensidad de luz en superficie y en la profundidad  $z$ .



## Propiedades fisicoquímicas:

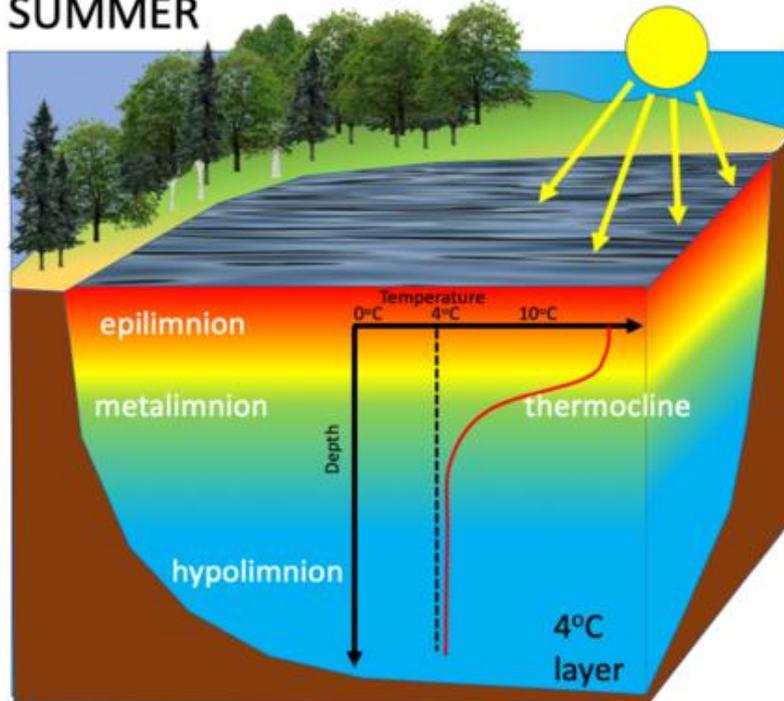
- Cada longitud de onda tiene un coeficiente diferente de absorción en el agua
- En agua pura, cerca del 65% de la luz roja (720nm) es absorbida en el primer metro ( $k_d=1.05$ ). Por el contrario, sólo el 0.5% de la luz azul (475 nm) es absorbido en la misma distancia



## Propiedades fisicoquímicas:

- El color del agua depende del rango espectral de la luz reflejada de la superficie del agua y de las longitudes de ondas dispersadas de la columna de agua
- El agua pura aparece como azul, desde que esta longitud de onda es dispersada y tiene un gran coeficiente de transmisión
- El contenido de clorofila y sustancias húmicas brinda colores verdes y marrones al agua

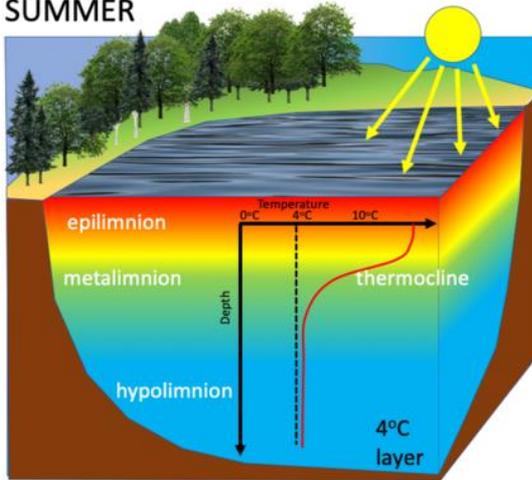
SUMMER



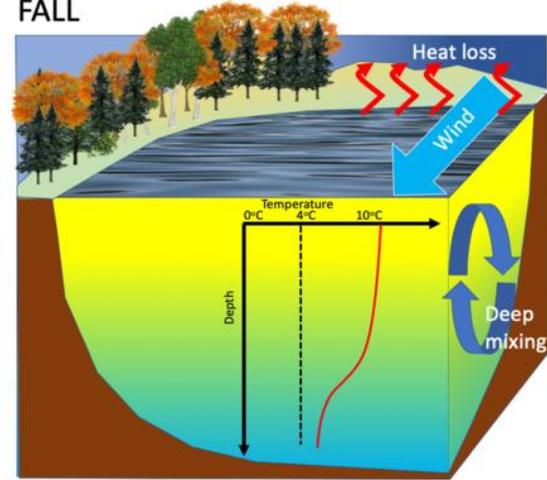
## Propiedades fisicoquímicas:

- La mayoría de la radiación que penetra la columna de agua, especialmente las longitudes de onda largas, son absorbidas cerca de la superficie y transformadas en calor
- La distribución de temperatura en profundidad depende de las propiedades fisicoquímicas del agua y del efecto del viento sobre el sistema

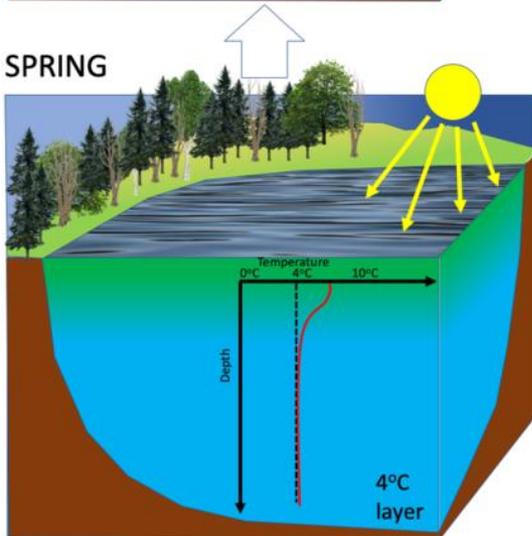
### SUMMER



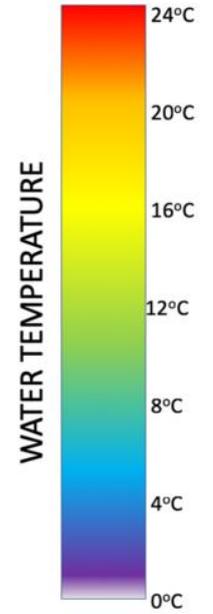
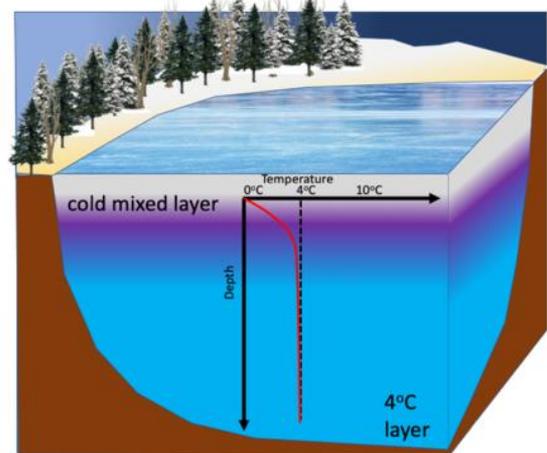
### FALL



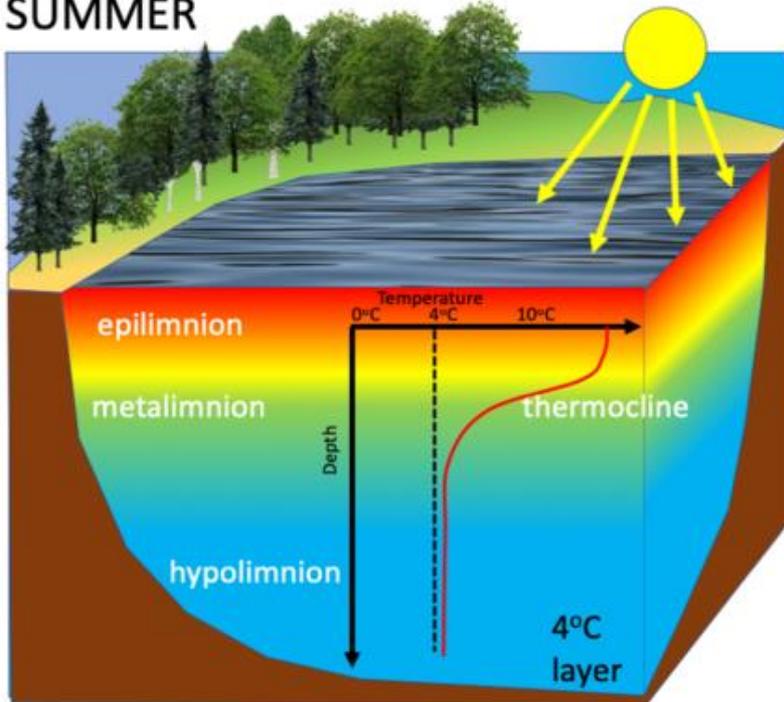
### SPRING



### WINTER



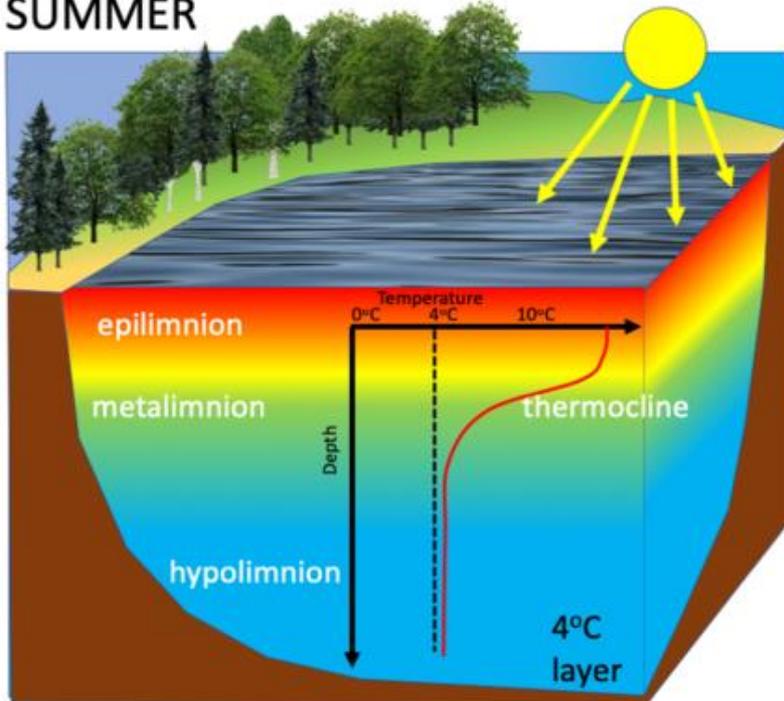
SUMMER



## Propiedades fisicoquímicas:

- A) Amícticos. Lagos que nunca se mezclan
- B) Meromícticos. Lagos que sólo se mezclan parcialmente
- C) Holimícticos. Los lagos se mezclan completamente y son clasificados de acuerdo a la frecuencia de circulación

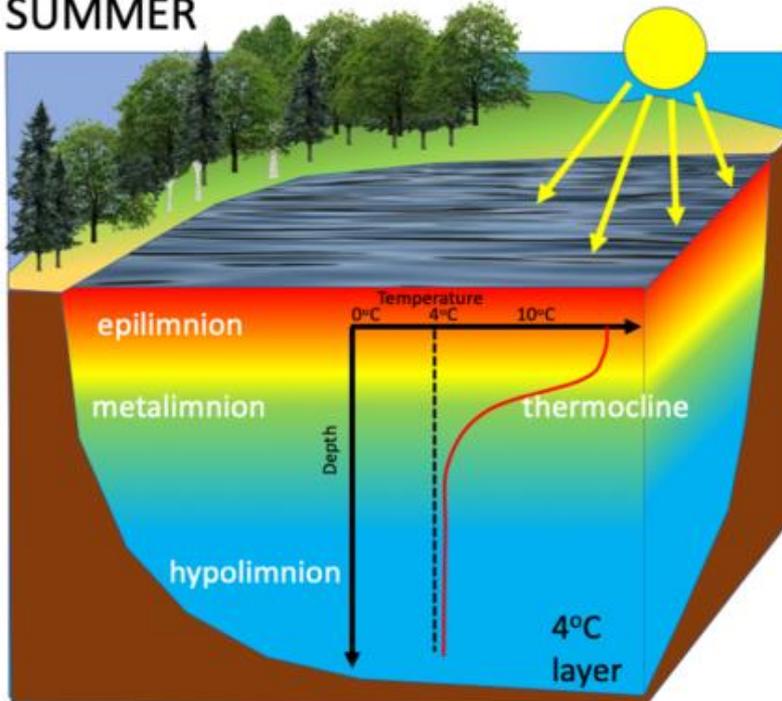
SUMMER



## Propiedades fisicoquímicas:

- C1) Oligomícticos. Lagos que no se mezclan cada año
- C2) Monomícticos. Permanecen mezclados durante un período del año
- Fríos. No registran una temperatura superior a 4 °C, generalmente mezclados en verano
- Templados. La temperatura nunca es inferior a 4°C
- Cálidos. La temperatura nunca es inferior a 10 °C

SUMMER

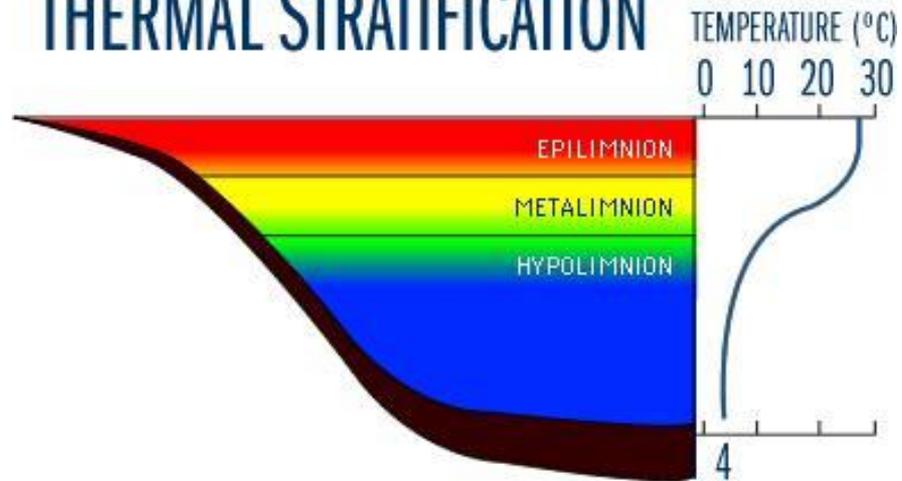


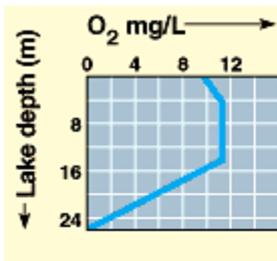
## Propiedades fisicoquímicas:

- C3) Dimícticos. Lagos que se mezclan dos veces al año
- C4) Polimícticos. Mezcla frecuente, inclusive diaria

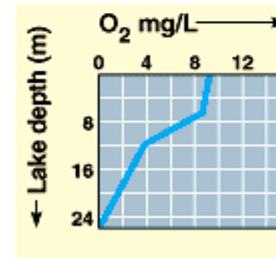
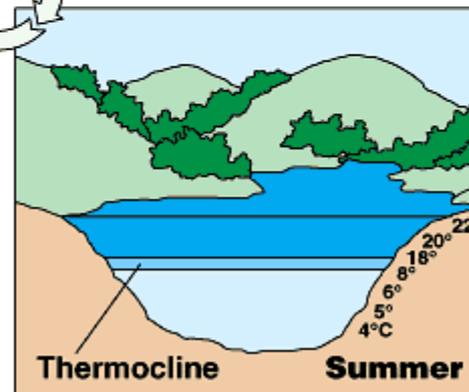
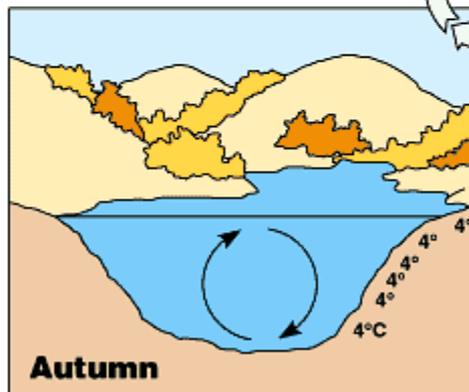
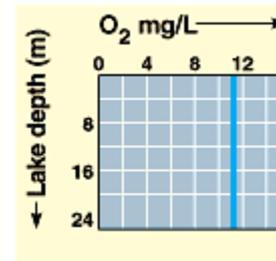
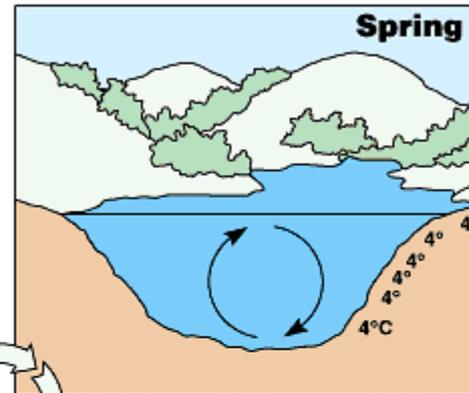
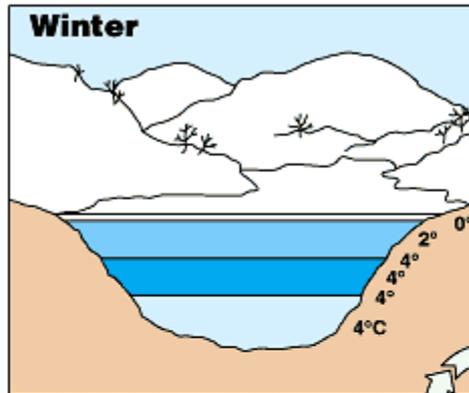


# THERMAL STRATIFICATION





- High O<sub>2</sub> conc.
- Medium O<sub>2</sub> conc.
- Low O<sub>2</sub> conc.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



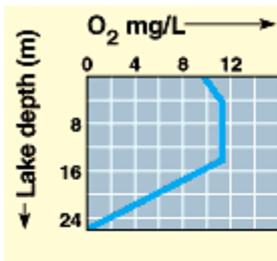
## Propiedades fisicoquímicas:

- El suministro de oxígeno en los lagos proviene del intercambio con la atmósfera y de la fotosíntesis, por lo tanto la entrada de oxígeno se encuentra solamente en las capas superiores
- La producción de oxígeno generalmente predomina en la zona iluminada y el consumo en la oscura
- Los lagos pueden ser divididos en dos regiones en función de estos procesos, las zonas iluminadas o trofogénicas y la oscura o trofolítica

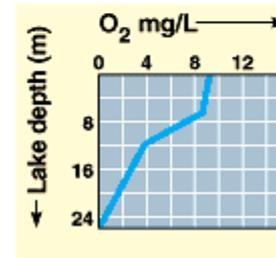
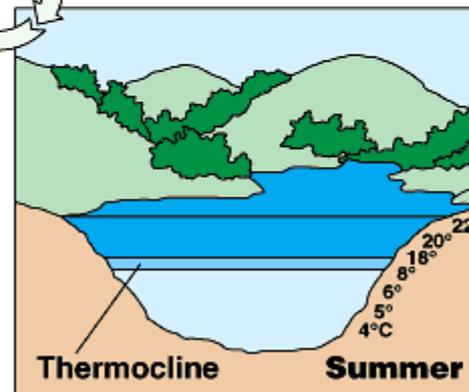
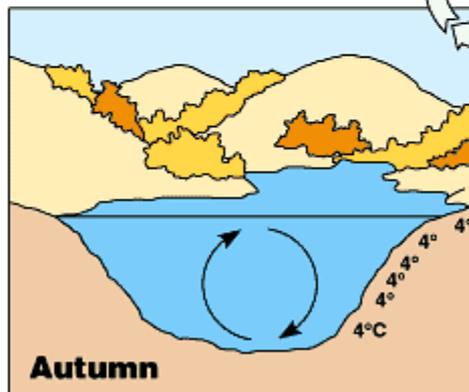
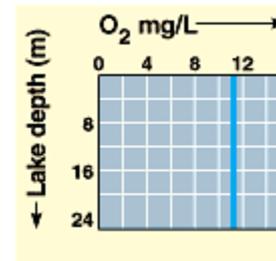
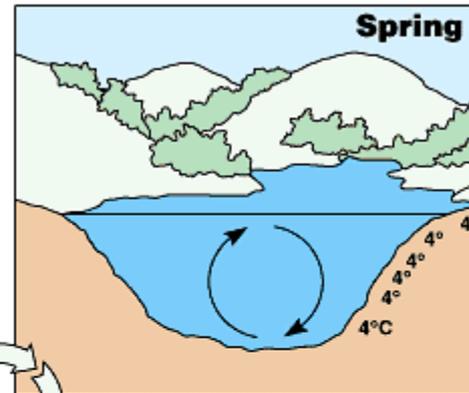
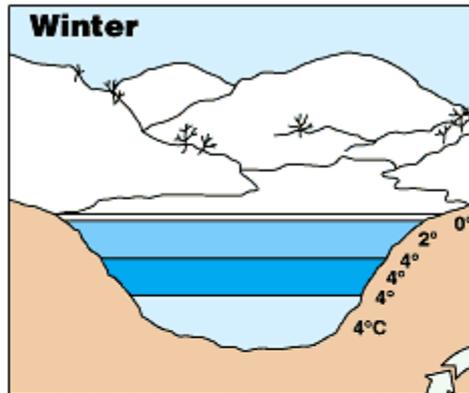


## Propiedades fisicoquímicas:

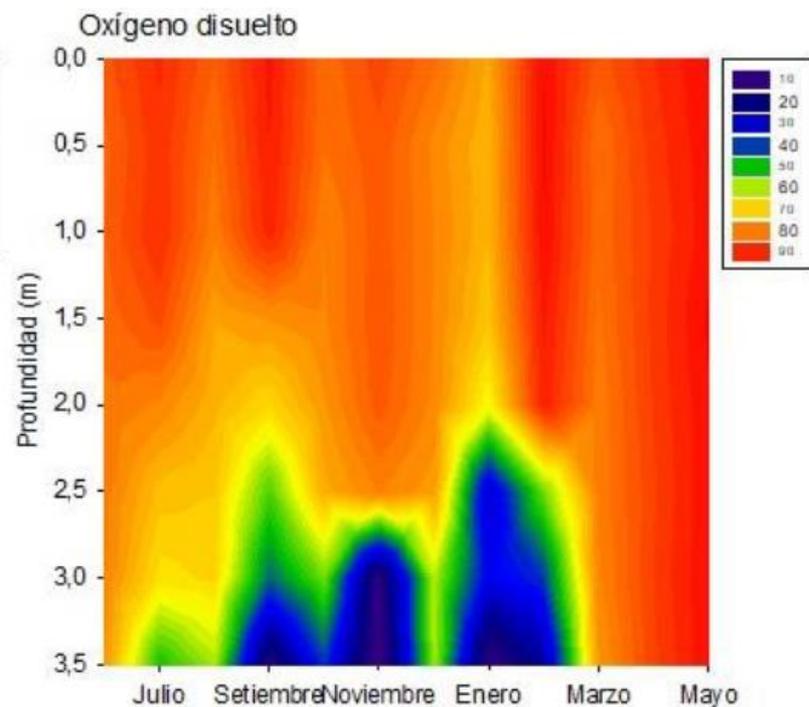
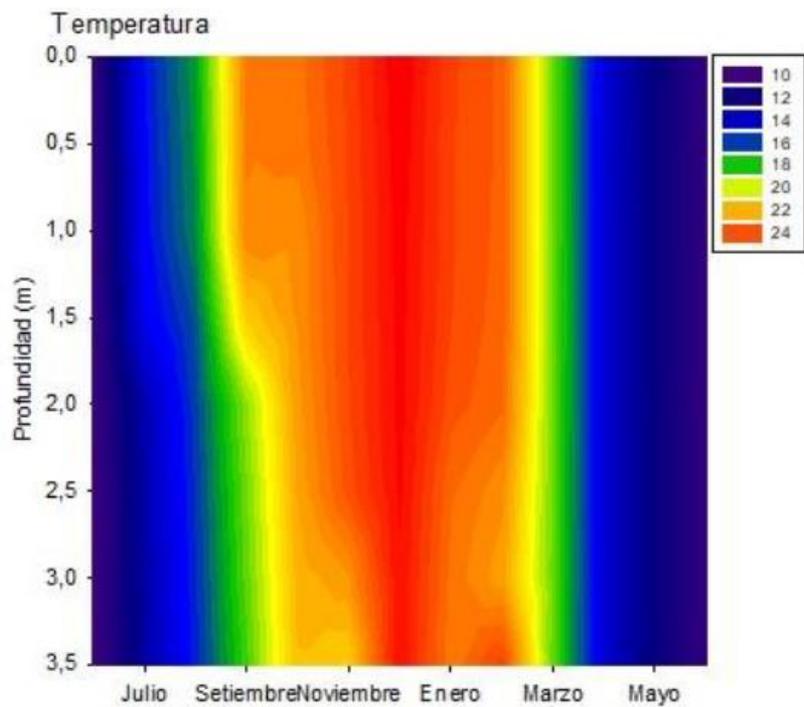
- La productividad y la morfometría son las determinantes críticas del balance de oxígeno en los lagos
- En condiciones de igual productividad, los lagos con un volumen importante en el hipolimnion descomponen la materia orgánica sin mayores efectos
- Los patrones de circulación y estratificación son muy relevantes en la disponibilidad de oxígeno en la columna de agua



- High O<sub>2</sub> conc.
- Medium O<sub>2</sub> conc.
- Low O<sub>2</sub> conc.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.





## Propiedades fisicoquímicas:

- En general hay una mayor concentración de  $\text{CO}_2$  en el agua de lo que podríamos estimar a partir de la ley de Henry ( $C=K \times P$ )

C= Concentración.

K= Coeficiente de solubilidad a una temperatura dada.

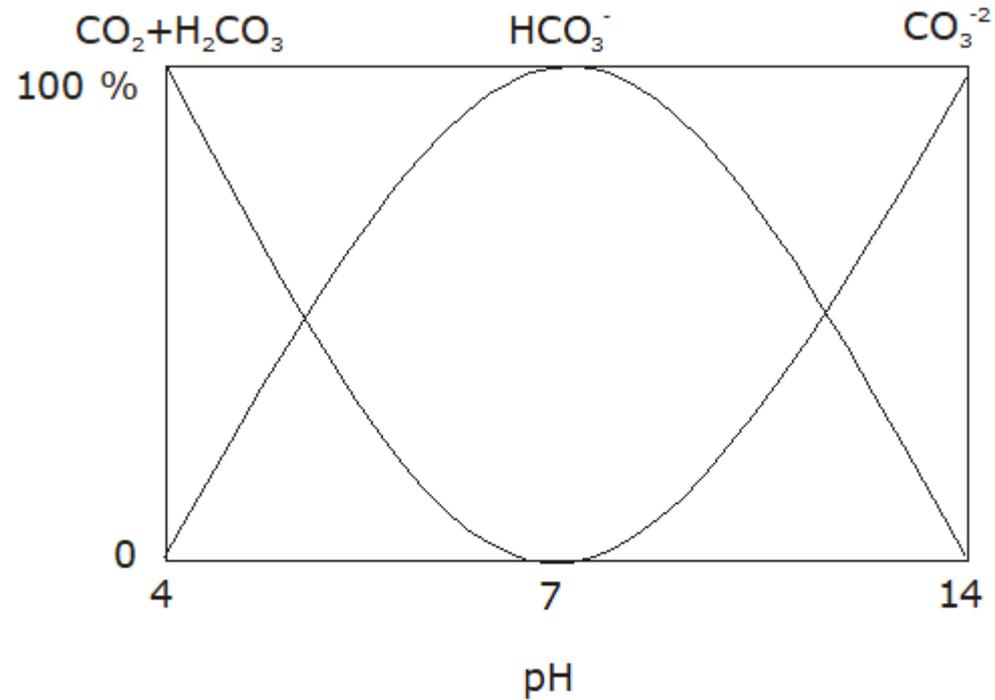
P= Presión parcial en la atmósfera en condiciones normales.



## Propiedades fisicoquímicas:

- Esta particularidad se explica porque el  $\text{CO}_2$  se encuentra en el medio acuático en otras formas químicas, además del gas libre





SOLUBLE

POCO SOLUBLE



## Propiedades fisicoquímicas:

- El equilibrio entre carbonato, bicarbonato y dióxido de carbono es el principal responsable de la capacidad buffer de los lagos, es decir la capacidad de recibir  $H^+$  o  $OH^-$  sin modificar el pH
- La alcalinidad indica la capacidad de buffer frente a ácidos



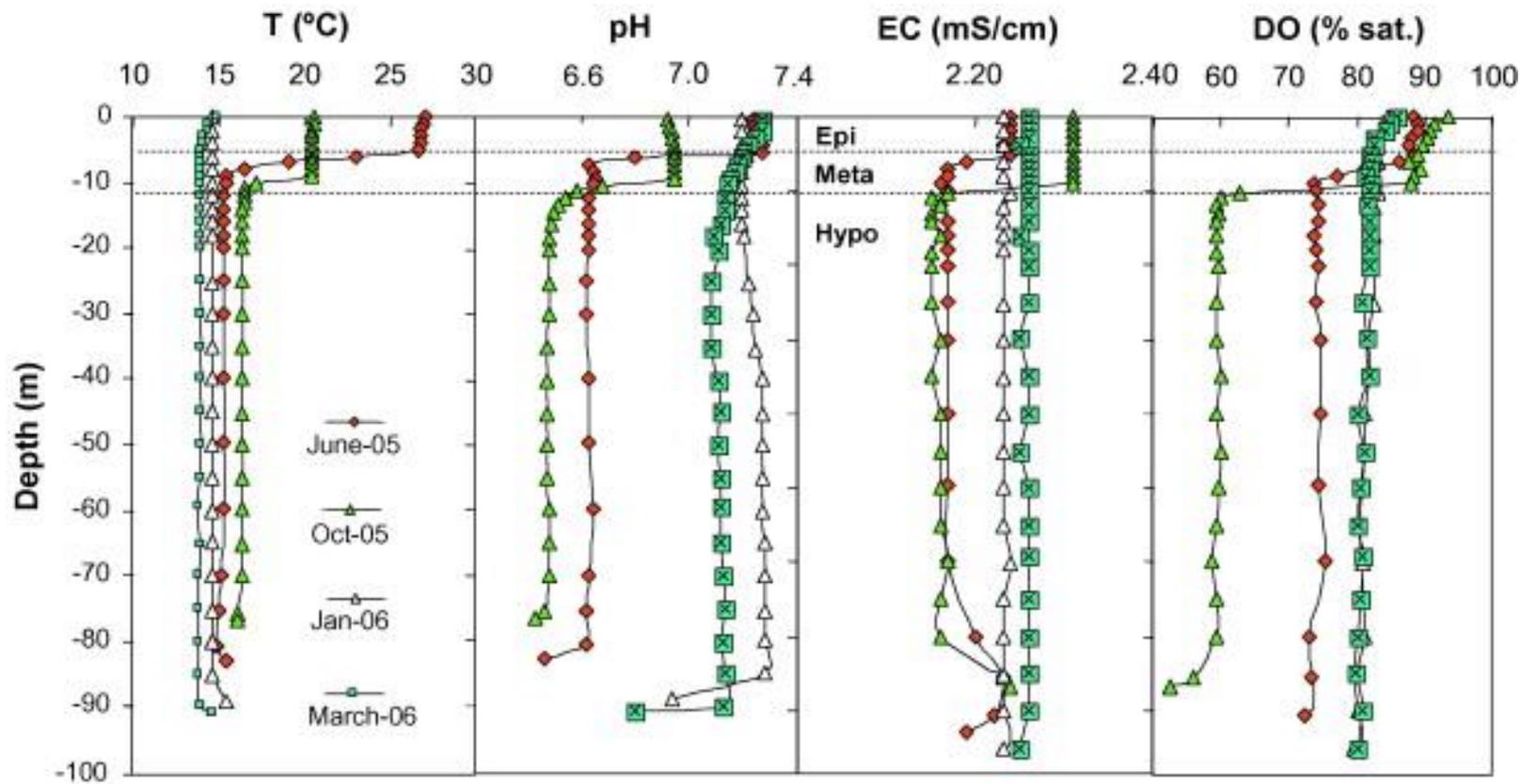
## Propiedades fisicoquímicas:

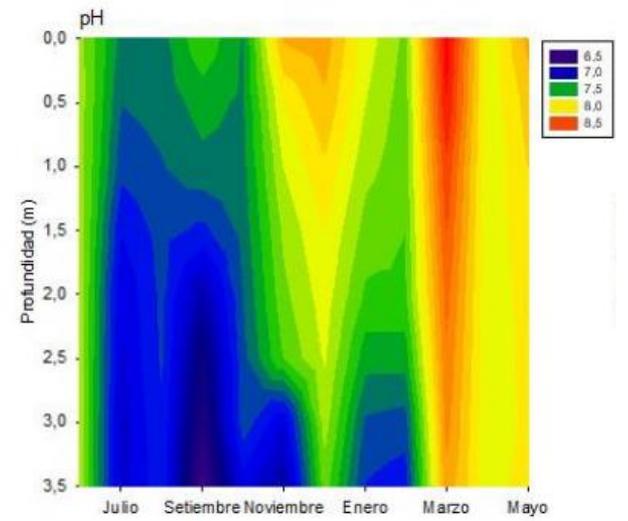
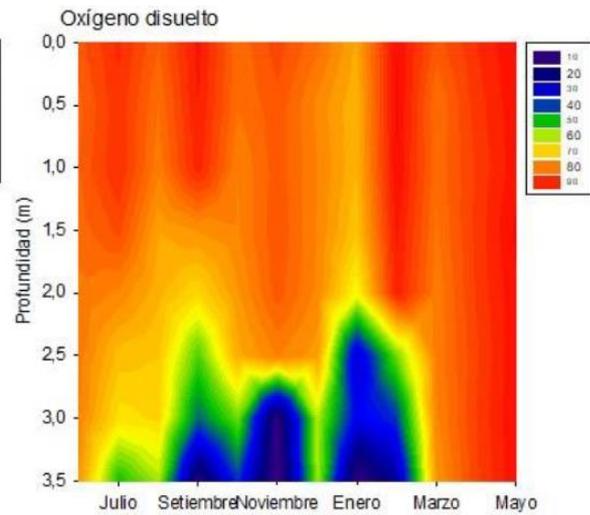
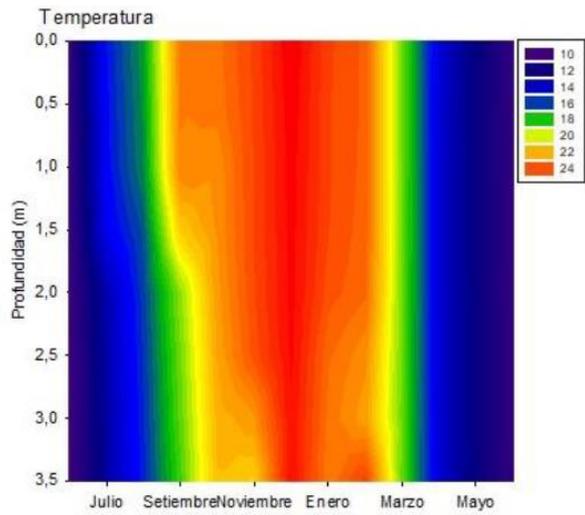
- Los aniones más importantes en el agua, de acuerdo a su abundancia, son el  $\text{CO}_3^{-2}$  y el  $\text{HCO}_3^-$ . El  $\text{SO}_4^{-2}$ , el  $\text{Cl}^-$  y el  $\text{NO}_3^-$  son menos abundantes
- Dentro de los cationes, el  $\text{Ca}^{+2}$  es el más abundante, seguido del  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$  y el  $\text{K}^+$
- Conductividad. Capacidad de transmisión eléctrica del agua entre dos polos. Esta propiedad depende fundamentalmente de la concentración de los aniones y cationes mencionados anteriormente



## Propiedades fisicoquímicas:

- Las diferencias verticales de las actividades biológicas originan gradientes verticales y cambios temporales de pH
- Los procesos que afectan de forma más importante al pH son la fotosíntesis, respiración y asimilación de nitrógeno. La incidencia de los dos primeros procesos son rápidamente comprendidos al analizar el equilibrio carbonato-bicarbonato-dióxido de carbono







## Propiedades fisicoquímicas:

- La asimilación de nitrógeno por los organismos acuáticos puede afectar el pH del lago. Si el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) es utilizado como fuente de nitrógeno, una cantidad equivalente de protones debe ser liberado para mantener el balance de cargas
- En cambio cuando los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) son asimilados, una cantidad de protones deber ser removido. Sin embargo, los efectos de la asimilación de nitrógeno son menos importantes que los del carbono



## Propiedades fisicoquímicas:

### Potencial redox

- Varias transformaciones químicas y bioquímicas en el agua son reacciones redox, o reacciones en los cuales existe una transferencia de electrones
- Desde que el potencial redox tiene una fuerte influencia sobre la solubilidad de los elementos, los cambios estacionales en el hipolimnion y en la interfase agua-sedimento tiene una fuerte influencia en la disponibilidad de los elementos en la columna de aguadel carbono



## Propiedades fisicoquímicas:

### Nutrientes

- Iones que los organismos requieren para la síntesis de estructuras o para el metabolismo
- La mayoría de los iones requeridos para el crecimiento animal y vegetal son suministrados por el suelo y rocas de la cuenca de drenaje
- La mayoría de estos iones se encuentran disponibles en una concentración mayor a lo requerido por los organismos
- De acuerdo a las relaciones de disponibilidad-demanda, el fósforo y nitrógeno son los nutrientes limitantes en el medio acuático



## Propiedades fisicoquímicas:

### Fósforo

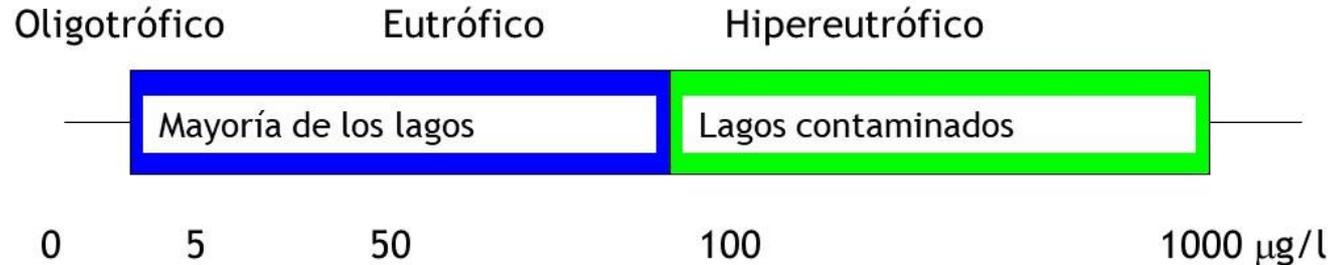
- El fósforo es asimilado por los organismos como fosfato ( $\text{PO}_4\text{-3}$ ). Generalmente el 80% del fósforo de la columna de agua está incluida dentro de la fracción orgánica del fósforo (por ej. incorporado a los organismos)
- La suma de todas las formas de fósforo, inorgánicas y orgánicas, se denomina fósforo total



## Propiedades fisicoquímicas:

### Fósforo

- Las entradas de fósforo a los lagos provienen fundamentalmente de la escorrentía superficial o subterránea de la cuenca de drenaje

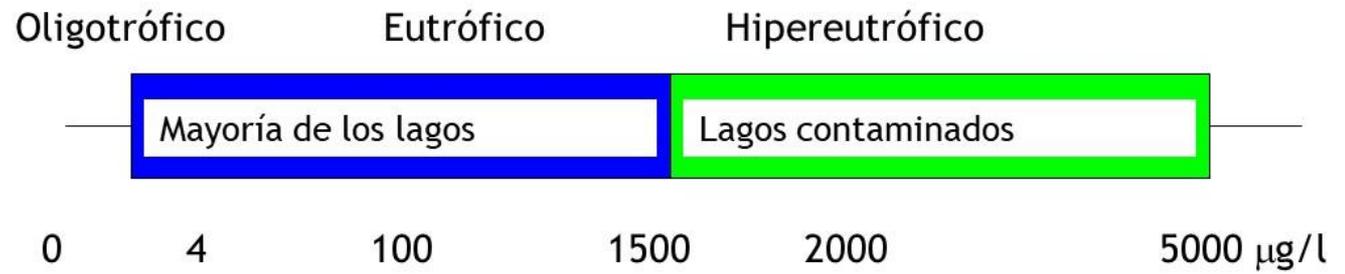




## Propiedades fisicoquímicas:

### Nitrógeno

- Es un constituyente esencial de aminoácidos y proteínas de organismos, puede entrar a los lagos mediante precipitación, fijación del nitrógeno atmosférico o por escorrentía superficial o subterránea
- Una cantidad importante de nitrógeno en los lagos se encuentra incorporado a los organismos (N orgánico), pero también puede encontrar en forma de  $N_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$  y reducido  $NH_4^+$ .





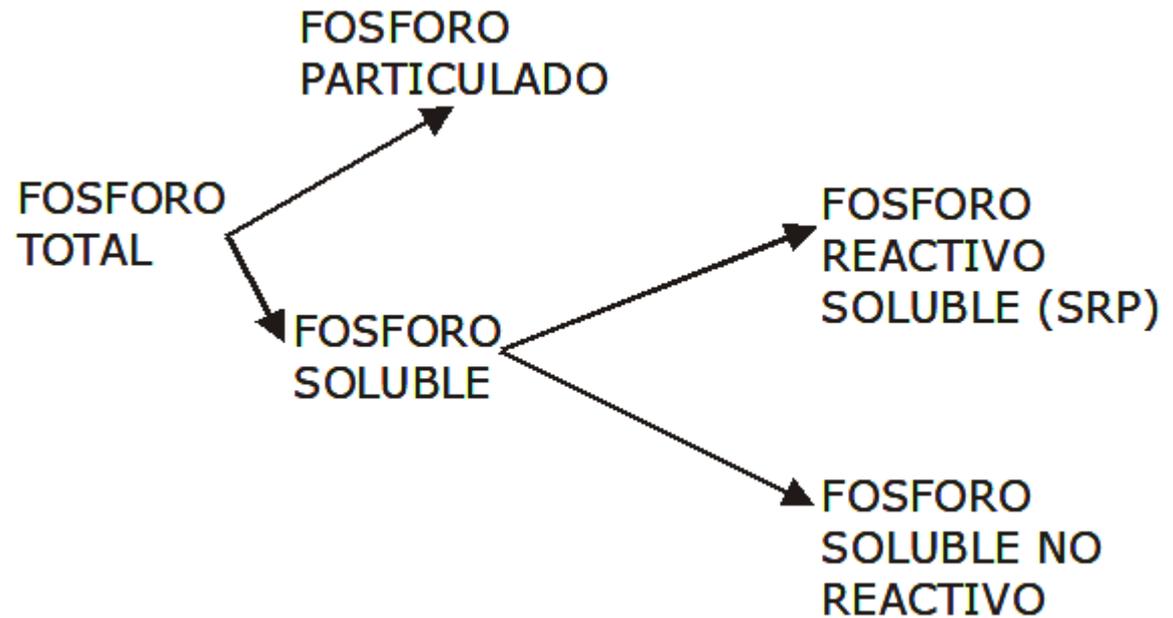
## Propiedades fisicoquímicas:

- En lagos profundos existe una pérdida continua de nutrientes desde el epilimnion hacia el hipolimnion durante el verano. Los nutrientes generados durante la mineralización de la materia orgánica en el hipolimnion solamente retornarán a la capas superficiales durante los períodos de mezcla
- Los lagos poco profundos someros no presentan este comportamiento debido al intenso contacto entre el agua y el sedimento que aseguran un rápido retorno de los nutrientes sedimentados a la columna de agua. Este factor explica la resistencia de estos sistemas a la reducción de la carga externa de nutrientes



## Propiedades fisicoquímicas:

- Uno de los mayores desafíos del análisis del rol del fósforo, es la dificultad de determinar cuanto está disponible para el fitoplancton





## Propiedades fisicoquímicas:

- Es importante distinguir entre lo inmediatamente disponible y lo disponible a largo plazo. Se asume que el SRP ( $\text{HPO}_4^{-2}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) es un buen estimador de lo rápidamente disponible para el fitoplancton



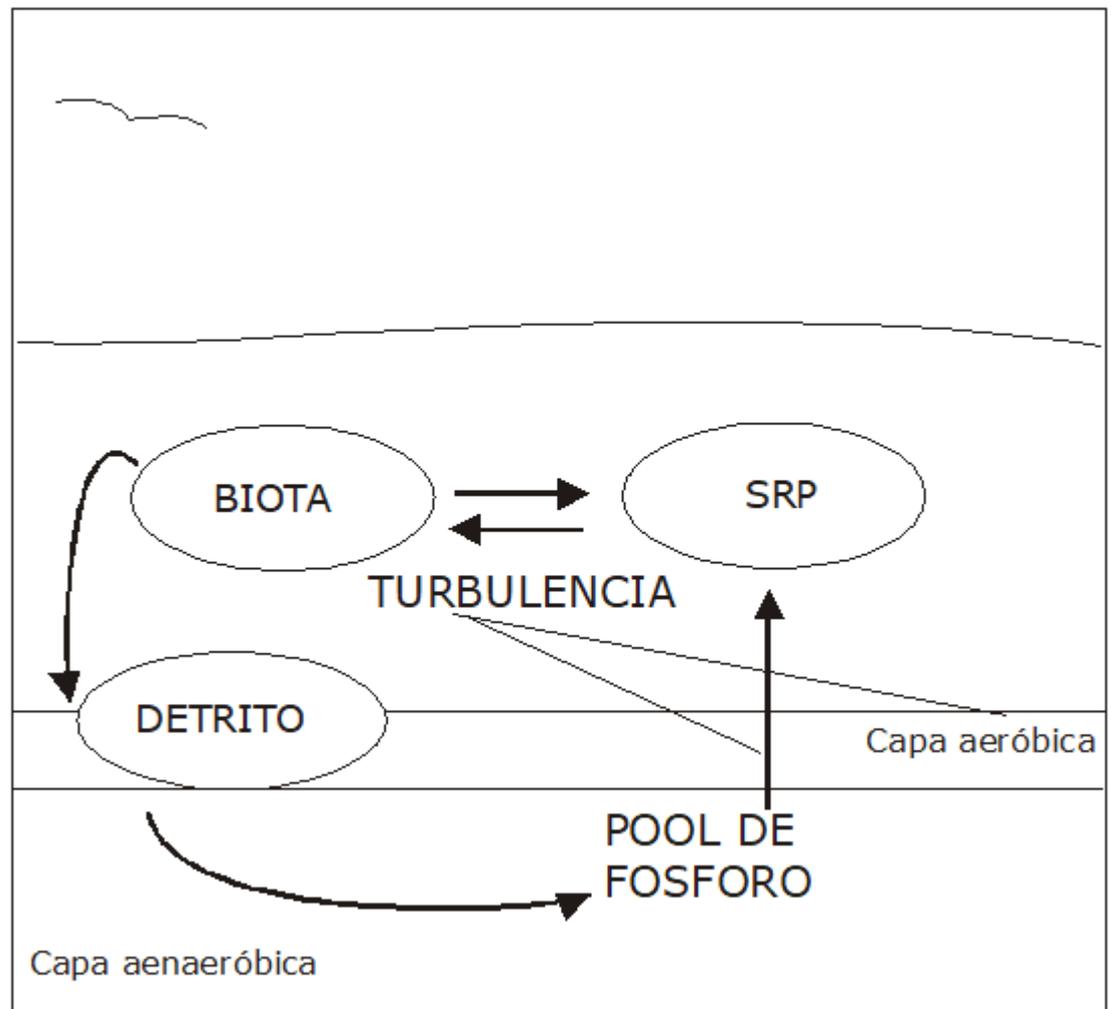
## Propiedades fisicoquímicas:

- El hierro es muy importante en la inmovilización del fósforo en el sedimento, pero esta unión es sólo efectiva en condiciones aeróbicas
- En condiciones reductoras el fósforo unido al hierro es liberado
- En condiciones de elevado pH se reduce la capacidad de unión de hierro al fósforo.
- Valores elevados de pH pueden ocurrir cuando la actividad fotosintética es muy importante.
- Entradas de agua ricas en calcio y carbonato pueden amortiguar el pH disminuyendo la liberación de fósforo desde el sedimento



## Propiedades fisicoquímicas:

- Una condición especial ocurre en lagos cuyo sedimento tiene un alto contenido de materia orgánica, debido a los procesos de reducción del sulfato y su unión con el hierro FeS
- Por último se ha sugerido que una alta concentración de nitrato puede amortiguar el potencial redox de la misma forma que el oxígeno



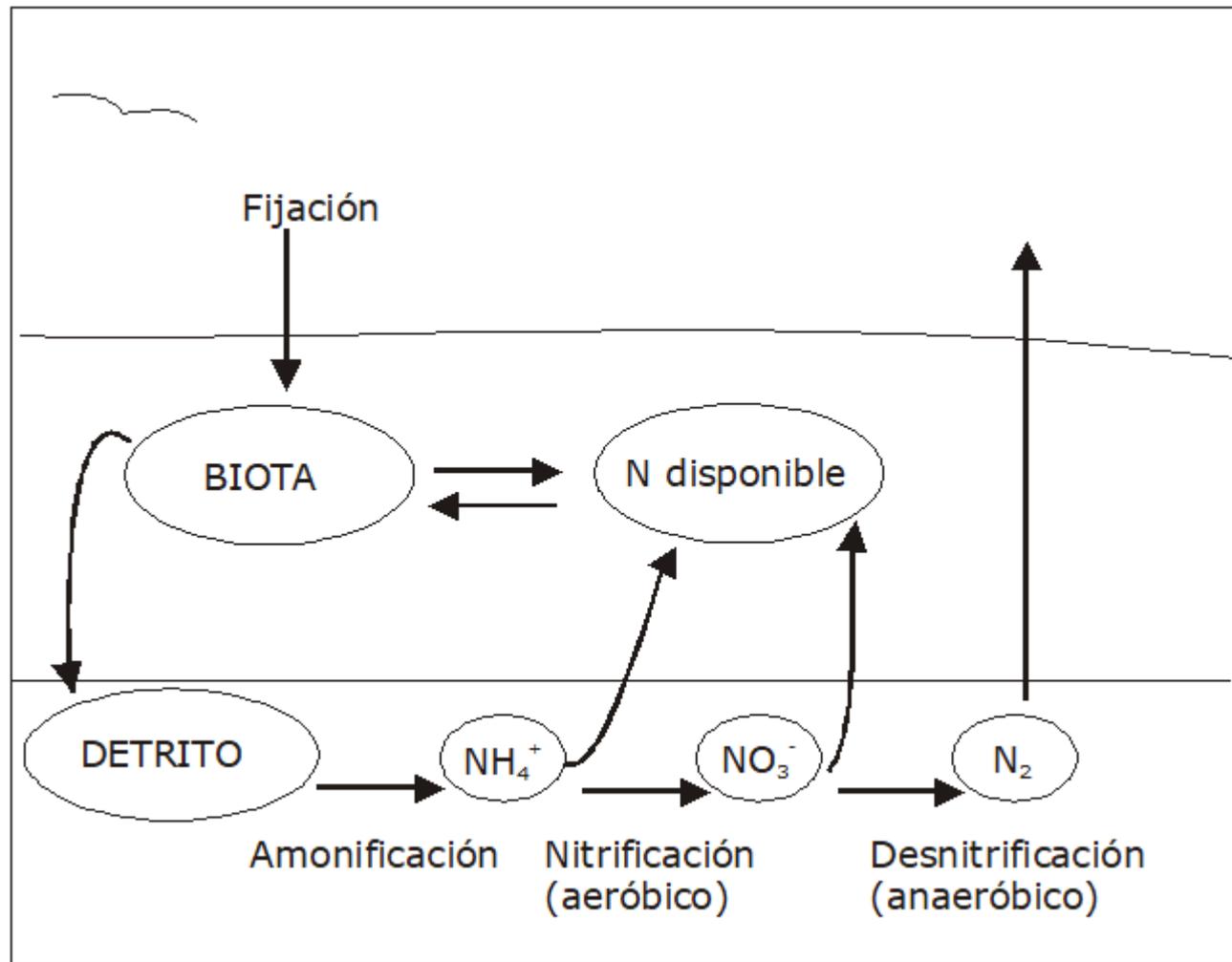
La relaciones entre turbulencia y liberación de fósforo son complejas porque existen dos efectos opuestos, prevenir la anoxia y promover la difusión hacia la columna de agua



## Propiedades fisicoquímicas:

### Disponibilidad de nitrógeno

- La dinámica de este nutriente ha sido menos estudiado que el fósforo, probablemente porque no presenta una resistencia a disminuir en la columna de agua cuando se elimina el aporte externo, como ocurre con el fósforo
- Tres características fundamentales caracterizan el ciclo del nitrógeno, no se acumula en el sedimento, puede pasar a la atmósfera como gas, y puede ser utilizado bajo esta forma como nutriente, en el caso de las cianobacterias





# LIMNOLOGÍA 2022

**Docentes: M.Sc. Florencia Balay, M.Sc. Maite Burwood, Lic. Claudia Fosalba, Lic. Lucía González-Madina, Lic. Bruno Gorostidi, Lic. Paula Levrini y Dr. Néstor Mazzeo**