

# *IDEAS PRELIMINARES*



- La estructura de este sistema responde fundamentalmente un eje de tipo vertical.
- También se da una estructura tipo horizontal aunque menos evidente y pronunciada.
- Se dan diferencias entre ambas estructuras.
- Funcionalmente los lagos presentan características más parecidas a océanos que a ríos, salvando por supuesto diferencias de tamaño y volumen.
- Lo más destacado es el proceso de transporte vertical a diferencias de ríos que es de tipo horizontal.
- Se da por tanto una zona litoral frente a una zona pelágica
- Zona litoral con efecto pantalla, contacto con tributarios, perihelio. Zona pelágica con capas influenciadas por la luz.

# ***TIPOS FUNDAMENTALES DE LAGOS***



EXISTEN CUATRO TIPOS FUNDAMENTALES DE LAGOS

**Oligotróficos.**- Poca concentración de nutrientes

**Mesotróficos.**- Media concentración de nutrientes

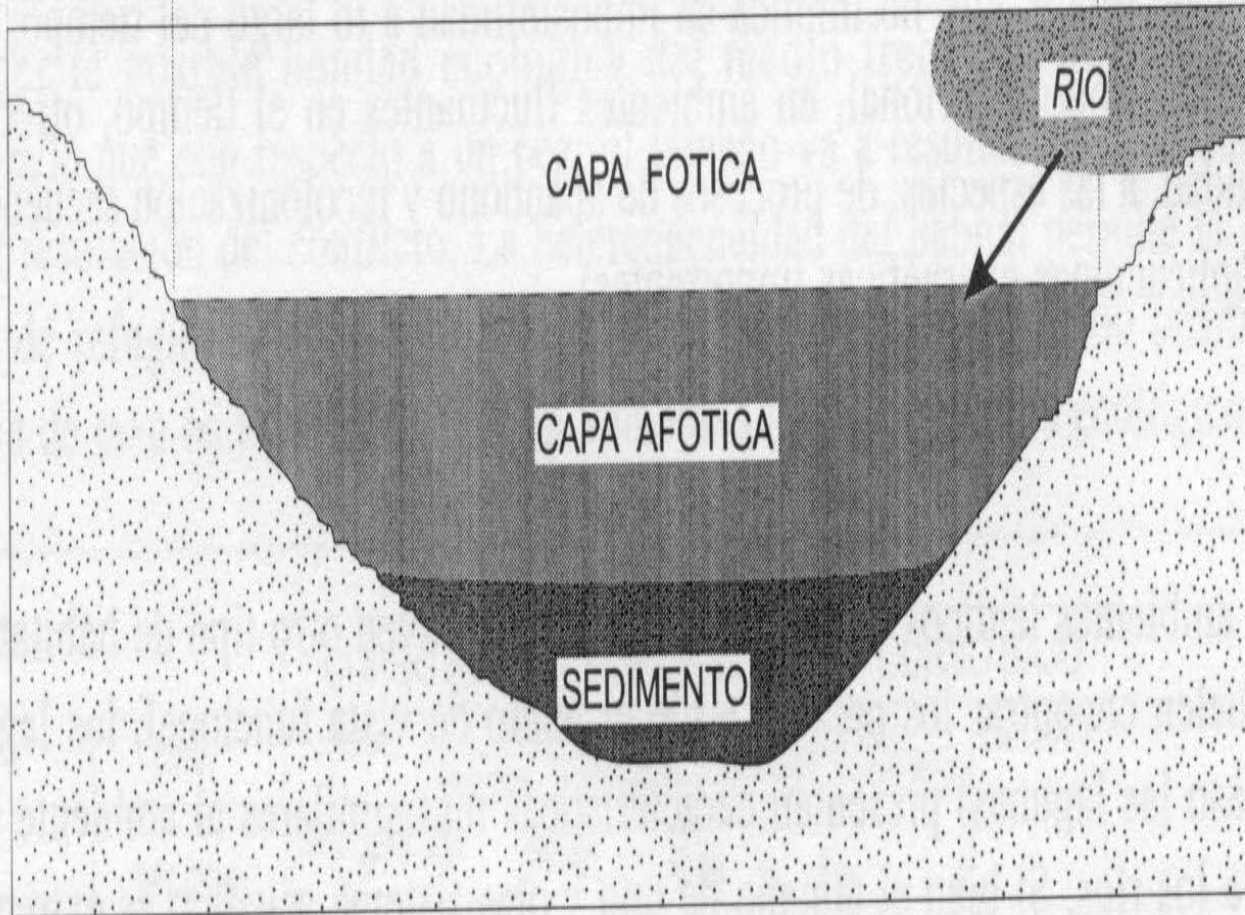
**Eutrófico.**- Alta concentración de nutrientes

**Hipereutrófico.**- Altísima concentración de nutrientes

- Cuanto más oligotrófico es un lago más constante es en su nivel de producción.
- Cuanto más eutrófico mayor producción y más variaciones paramétricas.

ZONA  
LITORAL

ZONA PELAGICA



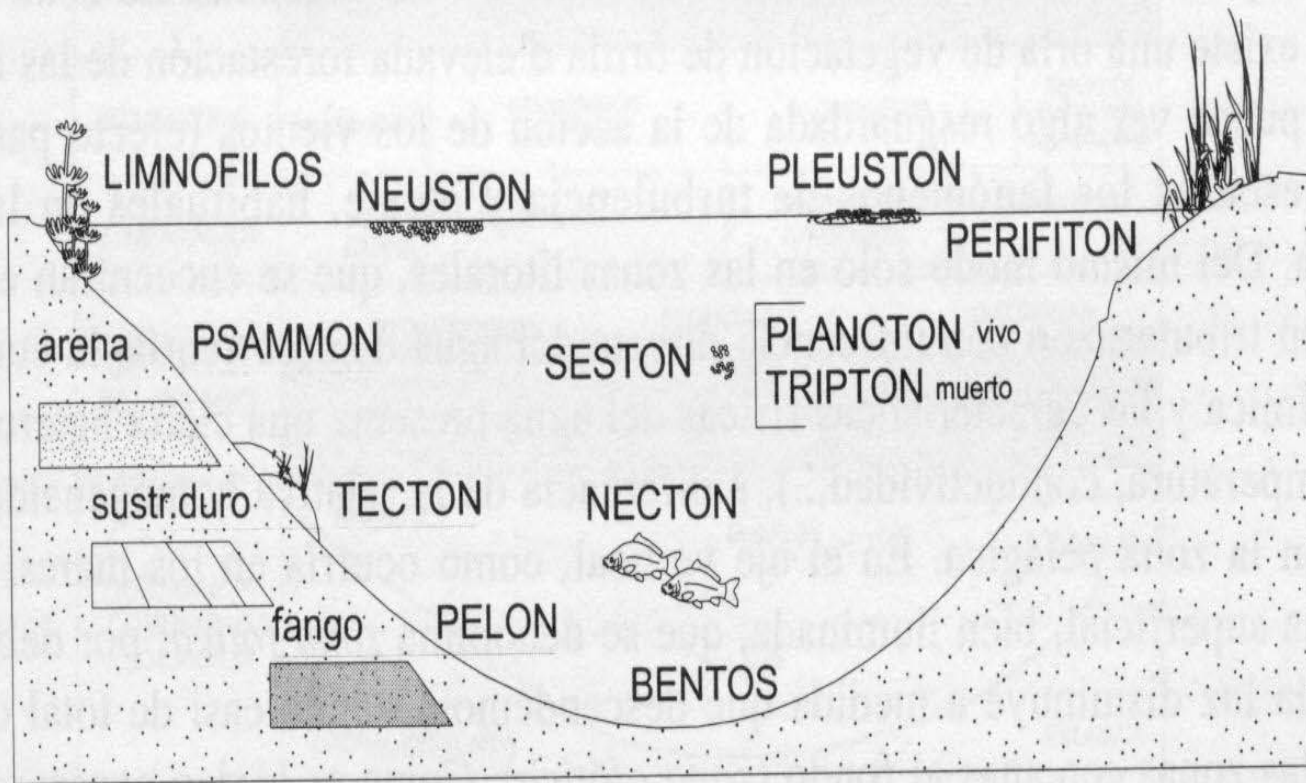
CAPA FOTICA

RIO

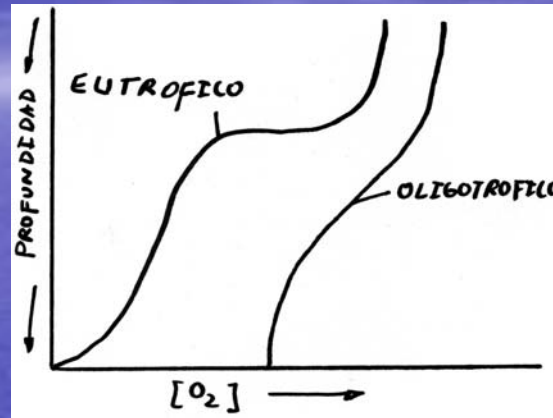
CAPA AFOTICA

SEDIMENTO



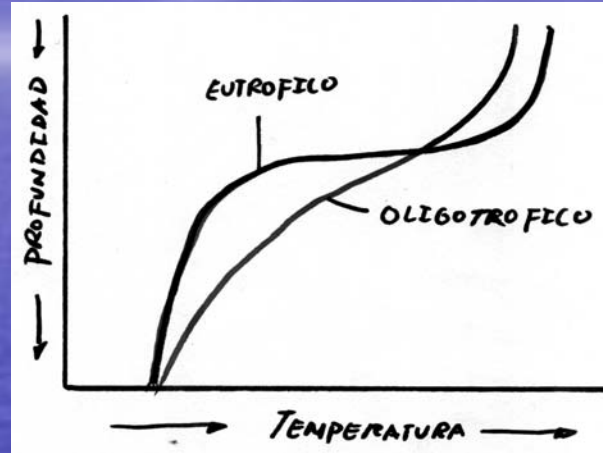


# COMPORTAMIENTO DE O<sub>2</sub> EN PROFUNDIDAD

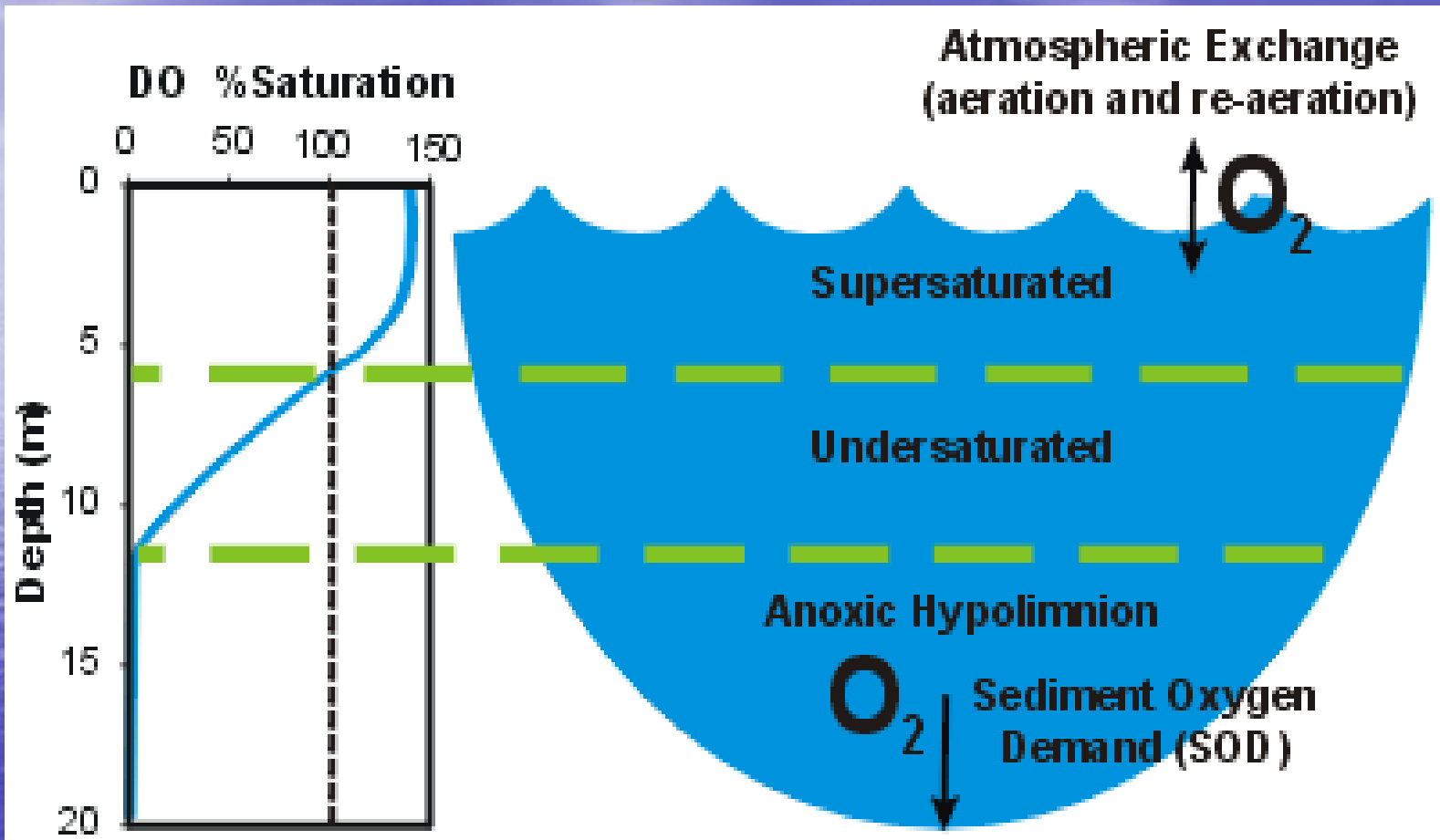


- El eutrófico disminuye en una 1ª porción.
- Se mantiene en una segunda parte debido a la producción de O<sub>2</sub> por la capa de algas.
- Finalmente decae por la ausencia de producción por falta de luz y por tanto de algas.
- Anoxia en el fondo.
- El oligotrófico disminuye gradualmente su [O<sub>2</sub>], porque no existe una capa de algas definida como tal y produzca O<sub>2</sub> como el caso anterior.
- Disminuye su nivel de O<sub>2</sub> pero no llega a procesos de anoxia en el fondo.

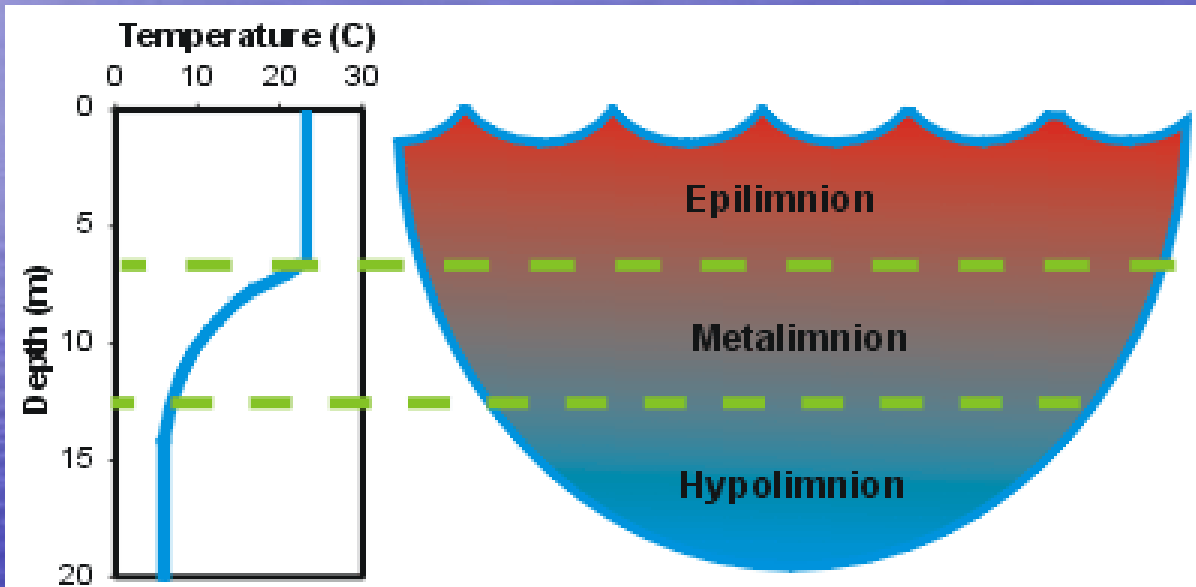
# VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EN PROFUNDIDAD



- En ambos se parte de un valor inicial.
- Se produce la disminución a medida que descendemos.
- El oligotrófico desciende gradualmente porque es muy constante en su composición por capas.
- El eutrófico mantiene la temperatura a una cierta profundidad por efecto de la capa de algas y debido a su vez a las reacciones metabólicas del entorno.







# EUTROFIA VS OLIGOTROFIA. ESTADOS MORFOMÉTRICOS



La idea inicial es que existen dos ambientes: uno profundo y otro somero.

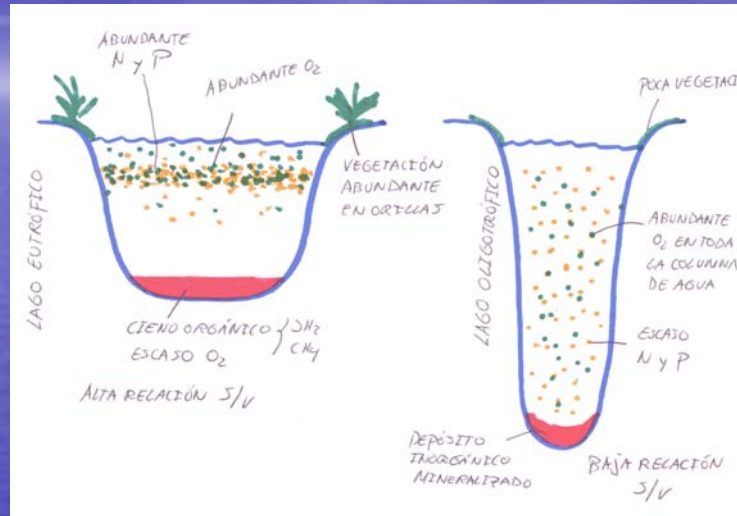
- Las zonas eutroficas son muy productivas: aguas verdes y poco transparentes.
- Las zonas oligotroficas son claras y poco productivas.
- Llegamos a:

Zonas poco profundas se pueden comportar como eutroficas por la poca profundidad, lo cual permite luz y por tanto desarrollo de algas.

Zonas muy profundas se pueden comportar como oligotróficas debido a la profundidad y falta de luz.

Es decir, lo que vemos es que en lugares someros se tiende a una eutrofia morfométrica y en lugares profundos se tiende a una oligotrofia morfométrica. Ambas producidas por la profundidad y características del sistema.

# COMPARACIÓN ESTRUCTURAL DE LAGOS



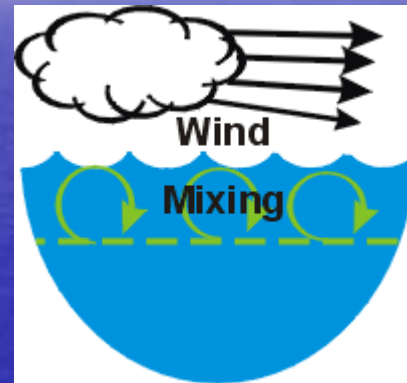
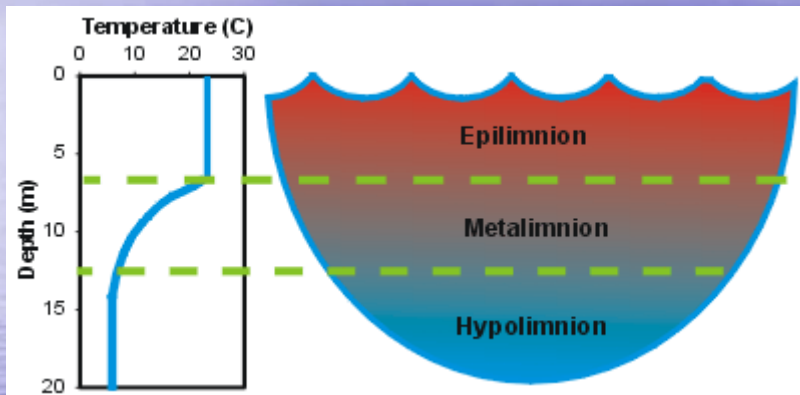
## Lagos eutróficos

Menos profundos. Someros  
Dependen de la edad, del estado  
Producción alta o muy alta  
Vegetación litoral abundante  
Alta o altísima densidad de fitoplancton  
Dominancias tipo "r", competidoras  
Blooms característicos. (Lo habitual)  
Hipolimnio: anoxia, SH<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>  
Senectud

## Lagos oligotróficos

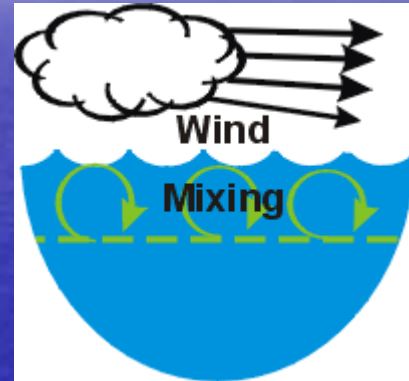
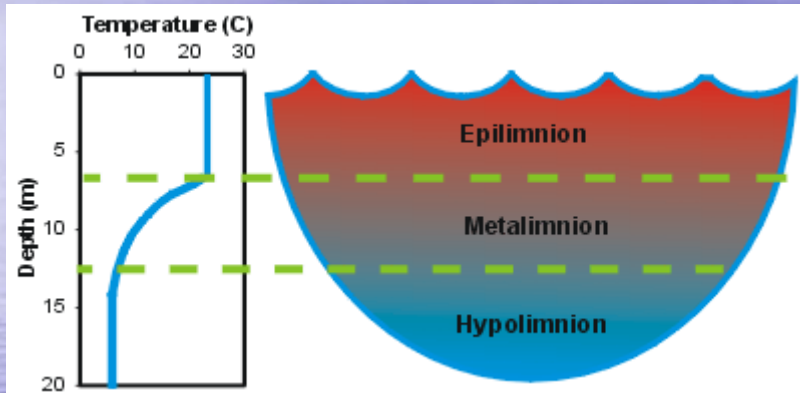
Profundos o muy profundos  
Hipolimnio > Epilimnio  
Producción baja  
Vegetación litoral ¿escasa?  
Densidad de fitoplancton baja  
Diversidad alta, tipo "k"  
Blooms infrecuentes  
Hipolimnio oxigenado  
Geodésicamente jóvenes

# FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA



- El funcionamiento se rige por movimientos verticales fundamentalmente.
- Se basa en el movimiento de la masa de agua producida por fenómenos estacionales. De tipo térmico y convectivo a modo de corrientes convectivas de afloramiento.
- De este modo, se produce:
  - Un flujo de calor hacia el interior de la columna de agua.
  - Establecimiento de la termoclina a una determinada profundidad.
- Cuando el trabajo realizado por los agentes generadores de turbulencia ya no puede superar la resistencia ofrecida por la propia termoclina, el flujo de calor cesa y la termoclina se estabiliza.
- Este proceso de estratificación es frecuente en sistemas de latitudes templadas.
- El perfil homogéneo, (ortogrado) de la temperatura del lago, provoca la mezcla vertical de la columna de agua conforme entra la primavera y aumenta la energía en el ecosistema en forma de E. electromagnética y calor en superficie.

# FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA



- El calor es transportado hacia el interior formándose la termoclina estival y que estructura a la masa en tres capas bien definidas:

Epilimnio.- Zona superior de la masa acuática.

Metalimnio.- Zona media. Coincidente con la termoclina.

Hipolimnio.- Zona profunda de la masa de agua.

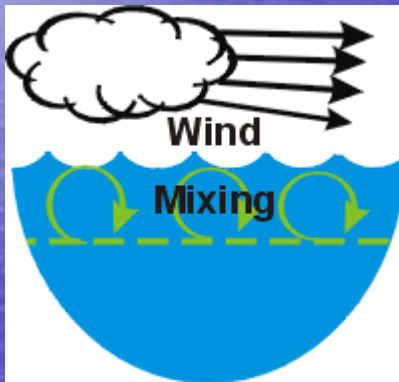
- Estas tres capas tienen comportamientos diferentes, ya que:

Epilimnio, es la capa de menor densidad, mayor temperatura y se encuentra mezclada.

Metalimnio, capa donde la temperatura forma un gradiente conspicuo y estable.

Hipolimnio, capa más fría, densa y homogénea en temperatura.

# ***FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA. CONTINUACIÓN***



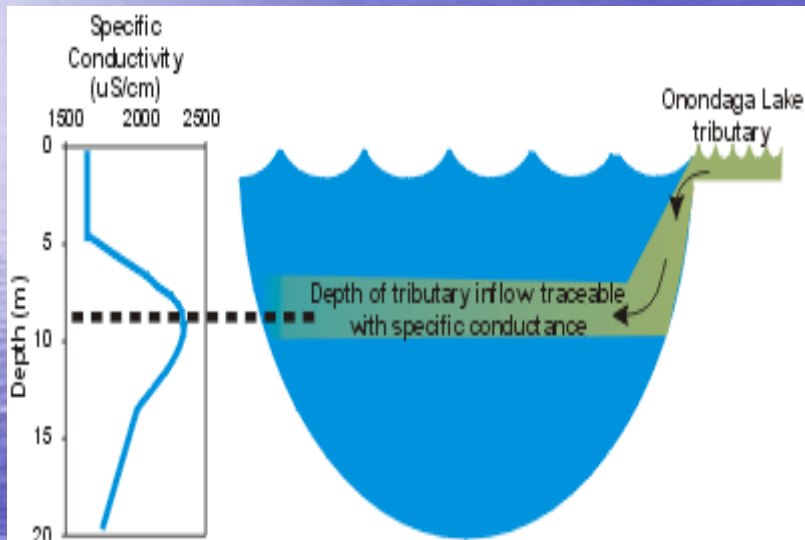
- Cuando llega el otoño, la pérdida de calor enfría la capa superficial.
- Se produce un aumento de la densidad del epilimnio y por tanto una altísima tendencia al hundimiento.
- Tendencia agudizada por factores generadores de turbulencia, principalmente el viento.
- Concluyendo todo en el estado de homotermia vertical que caracteriza al invierno.

- A este ciclo se le denomina: monomíctico, por la existencia de un solo período de mezcla.
- En latitudes elevadas se da un período llamado dimíctico, por la aparición de dos períodos de mezcla:

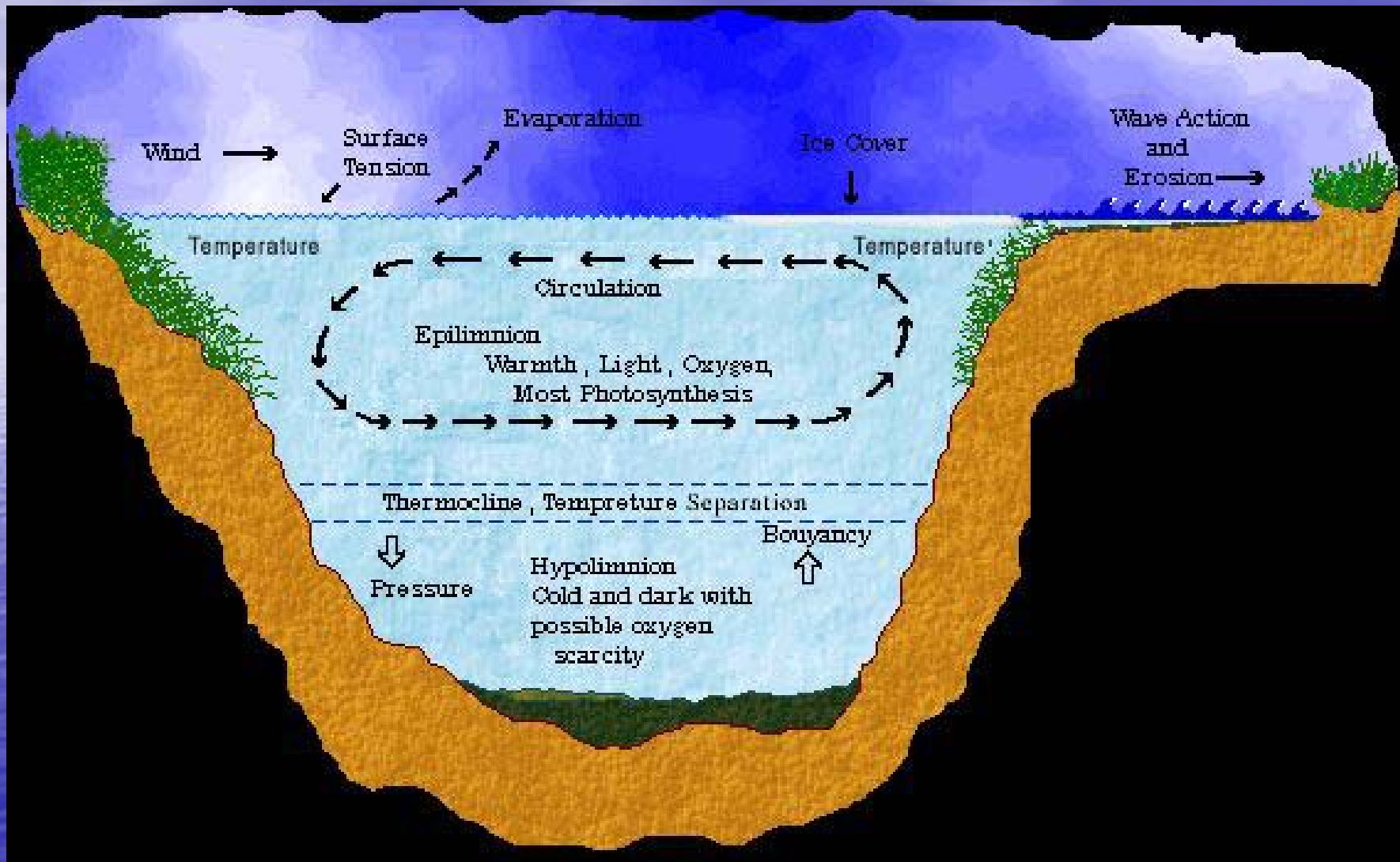
El primero: estratificación con capa superficial de hielo.

El segundo: proceso y estratificación ya explicado

## OTROS FENÓMENOS DE MEZCLA



- Lógicamente pueden llegar a darse otros ciclos dependiendo de los factores y circunstancias, pero todos ellos tienen en común que son variaciones de los dos anteriores.
- Otro fenómeno a tener en cuenta es el llamado fenómeno de Meromixis, en el que se produce una mezcla incompleta vertical que se genera en algunos lagos por intrusión de materiales subterráneos y que genera una capa de agua profunda de mayor densidad que resiste el proceso de mezcla y que recibe el exótico nombre de monimolimnion.
- El otro proceso es el llamado fenómeno de inversión de masas. En ella se produce el enfriamiento de la capa superficial hasta que llega justos a 4°C, temperatura en la que el agua alcanza su mayor densidad, produciéndose una caída en bloque de toda la masa hacia el fondo y produciendo remoción de elementos en un momento en el que esto no debería ocurrir.



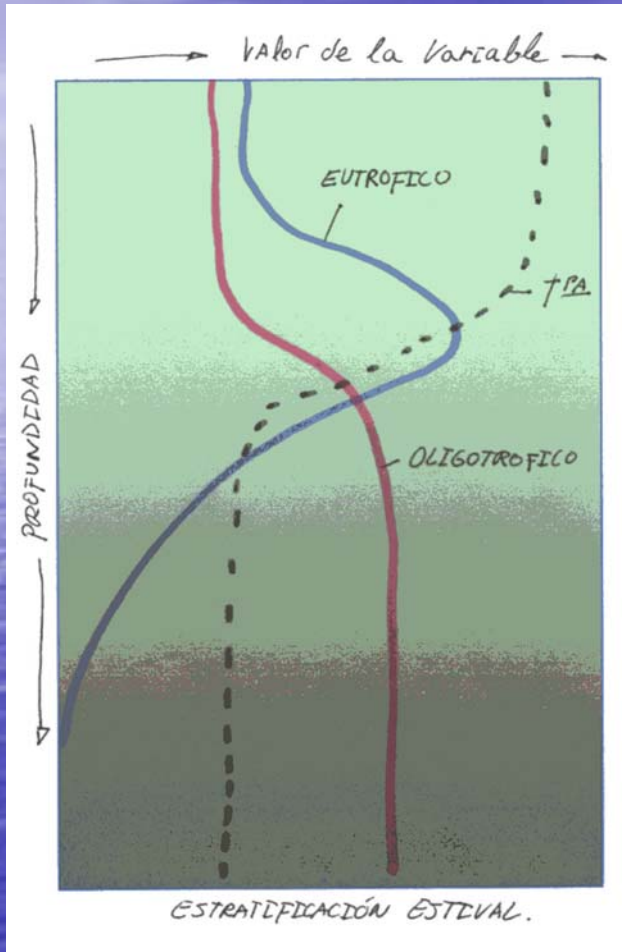


# EVOLUCIÓN DE LA VIDA DE UN LAGO



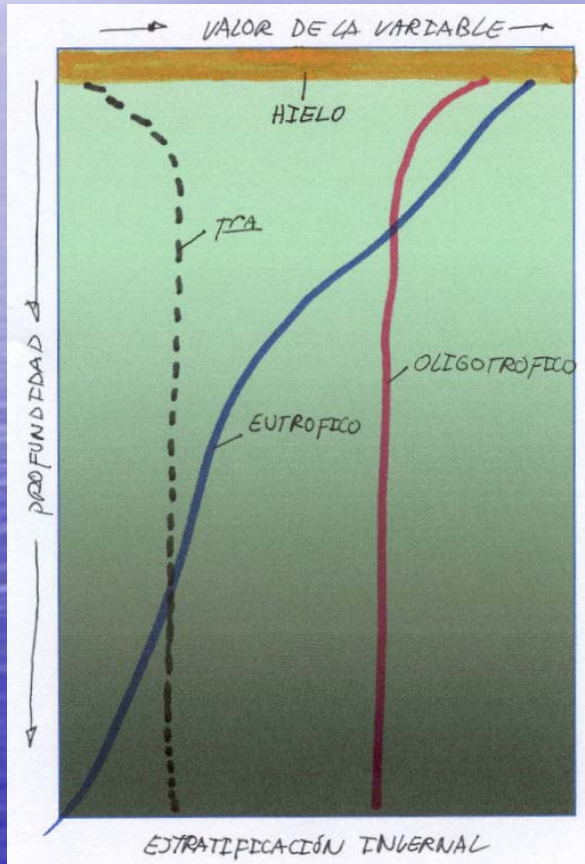
- En un primer momento el sistema es oligotrófico.
- A medida que pasa el tiempo se desarrolla y forma poblaciones.
- La productividad va aumentando inevitablemente.
- Lo cual le lleva al estadio de mesotrofia que puede ser más o menos duradero.
- Llega al estado eutrófico donde desarrollará la mayor parte de su vida como tal.
- Llegado a este punto, su profundidad comenzará a disminuir por procesos de sedimentación: Geológica y biológica
- Su relación superficie / volumen aumentará tanto que llegará a ser una superficie sin volumen.
- Para entonces se habrá transformado en una turbera o marisma.
- Se seguirá dando el proceso de sucesión ecológica.
- Se transformará en un bosque pantanoso y más tarde llegará a su estado final de sistema vegeta.
- En este punto su productividad vuelve a ser grande, pero ahora se ha transformado en un sistema terrestre y no acuático.

# CURVA DE OXIGENO EN PROFUNDIDAD



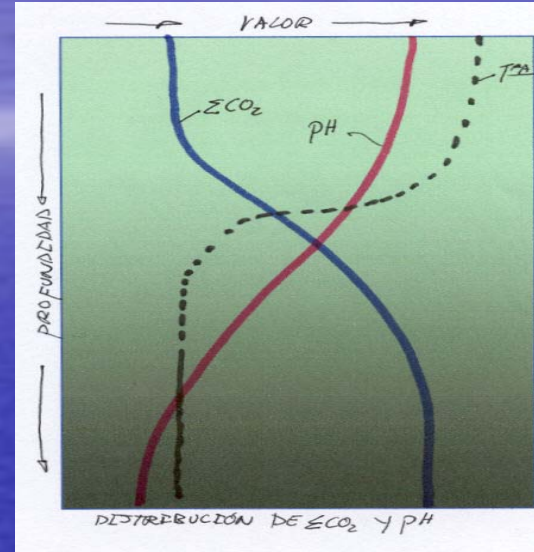
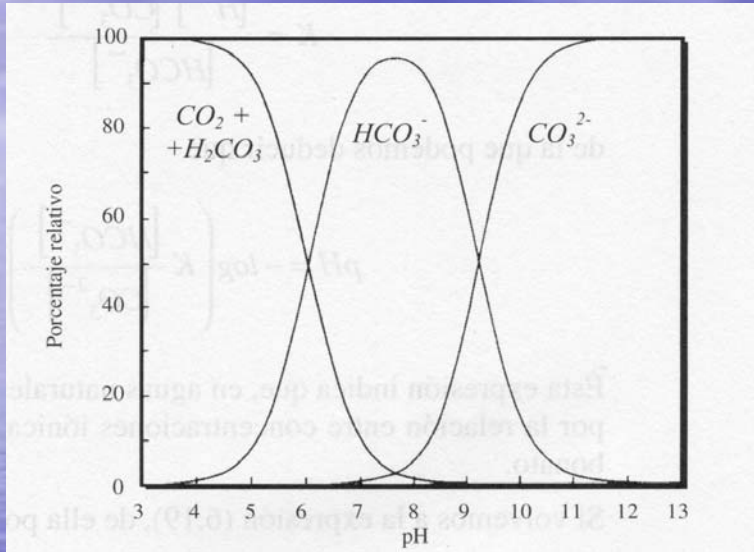
- Los dos sistemas funcionan de modo diferente.
- El eutrófico sigue un perfil clinogrado, donde partiendo de un valor inicial, este aumenta en la capa algal por producción de O<sub>2</sub> para descender rápidamente hasta valores anóxicos.
- Este sistema no debería tener problemas de mineralización de MO al producir mucho O<sub>2</sub>, pero ocurre que el fenómeno de estratificación térmica disminuye la solubilidad de gases en el epilimnion provocando una importante pérdida de O<sub>2</sub> a la atmósfera.
- De este modo, se genera un exceso de MO en la zona superior ahora llamada trofogénica, (porque produce MO), la mayor parte de la cual sedimenta hacia la ahora llamada zona trofolítica, (porque acumula sedimentos).
- El resultado es el agotamiento del poco O<sub>2</sub> disponible en profundidad.
- El oligotrófico como se ha comentado mantiene su nivel de O<sub>2</sub> estable en toda la columna de agua. Aunque este esté limitado en su producción de oxígeno por tener baja concentración de MO.

# VARIACIÓN DE LA CURVA DE O<sub>2</sub> EN LAGOS DIMÍCTICOS

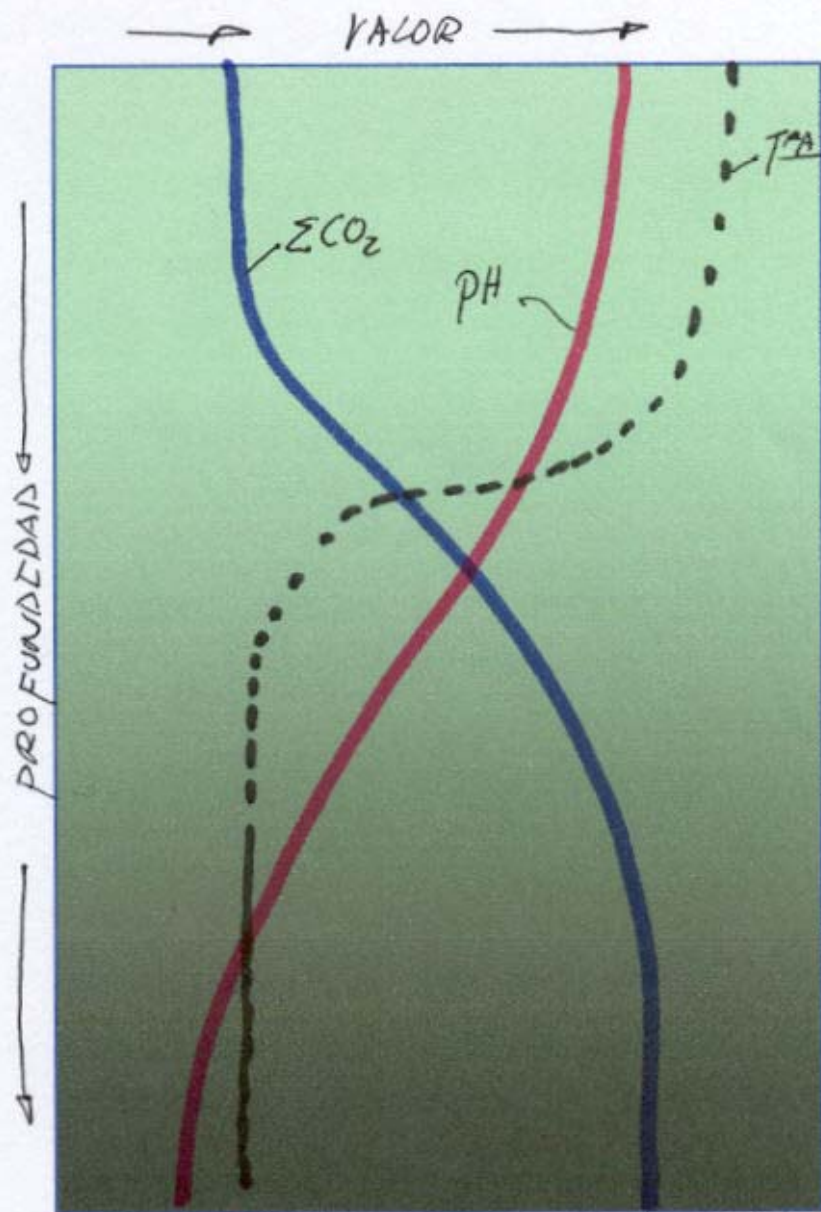


- Si el lago es dimíctico, se da acumulación de O<sub>2</sub> fotosintético bajo la superficie del hielo donde la luz no limita su producción.
- Se da un perfil de agotamiento clinogrado más suave hacia la capa profunda.
- El caso del oligotrófico, muestra un perfil ortogrado de O<sub>2</sub> durante la estratificación de modo que muestra un hipolimnion bien oxigenado indicativo de un equilibrado balance entre síntesis y oxigenación

# VARIACIÓN DE CARBONO EN PROFUNDIDAD

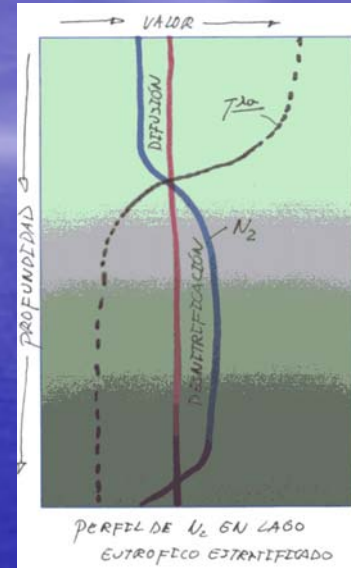
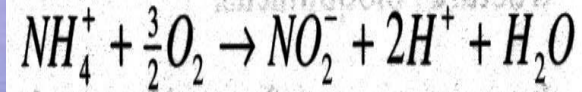


- Las relaciones entre pH y formas inorgánicas de carbono responden a oscilaciones.
- En océanos el pH tiene poco desplazamiento, pero en aguas continentales este es elevado debido a la diversidad de cuencas por las que discurre el agua en su recorrido hasta llegar al sistema.
- La curva se explica por procesos de fotosíntesis que extrae  $CO_2$  del medio y aporta oxígeno.
- Este proceso aumenta el pH del medio y es un proceso debido a interacciones bióticas del sistema.
- La capa inferior sólo produce  $CO_2$  y consume oxígeno, por lo que el pH decrece por efecto de los procesos respiratorios del medio.
- Por tanto, cuanto mayor sea el grado de estratificación, tanto mayor será la diferencia entre las concentraciones sumatorias de  $CO_2$  entre epilimnion e hipolimnion.

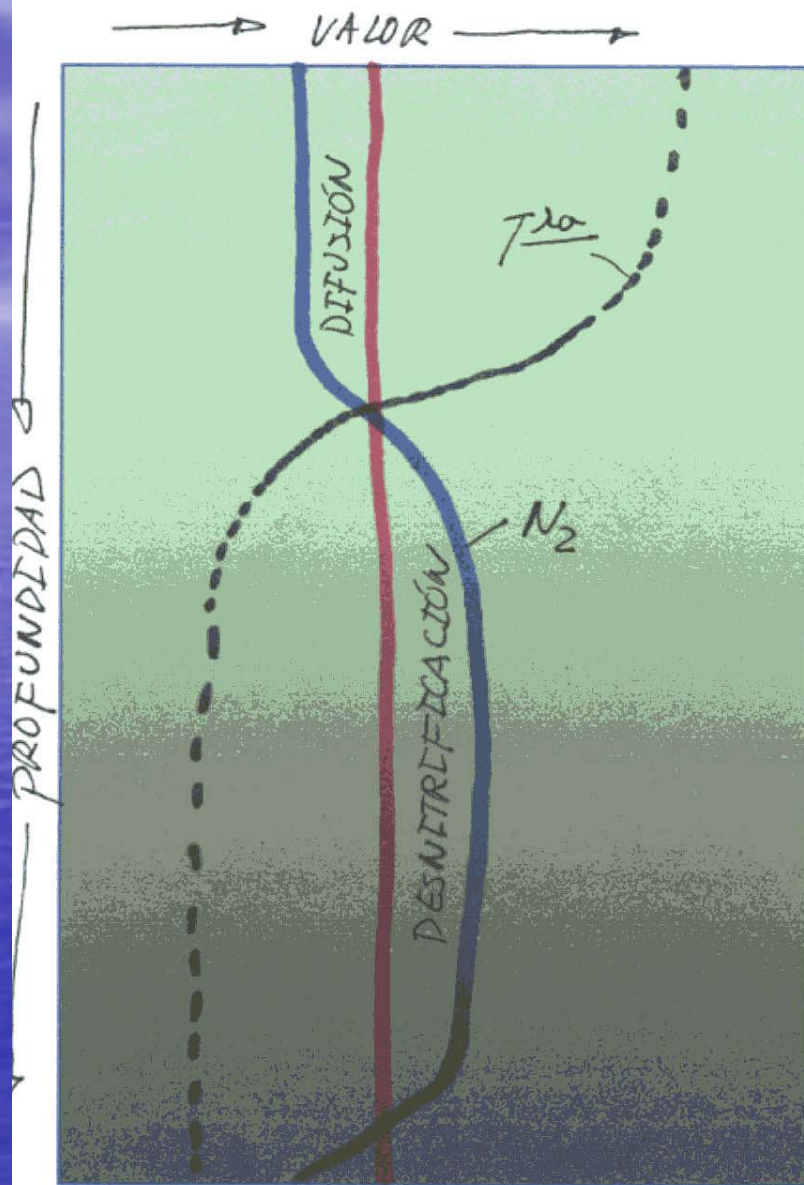


DISTRIBUCIÓN DE  $\Sigma\text{CO}_2$  Y PH

# VARIACIÓN DEL NITRÓGENO EN PROFUNDIDAD

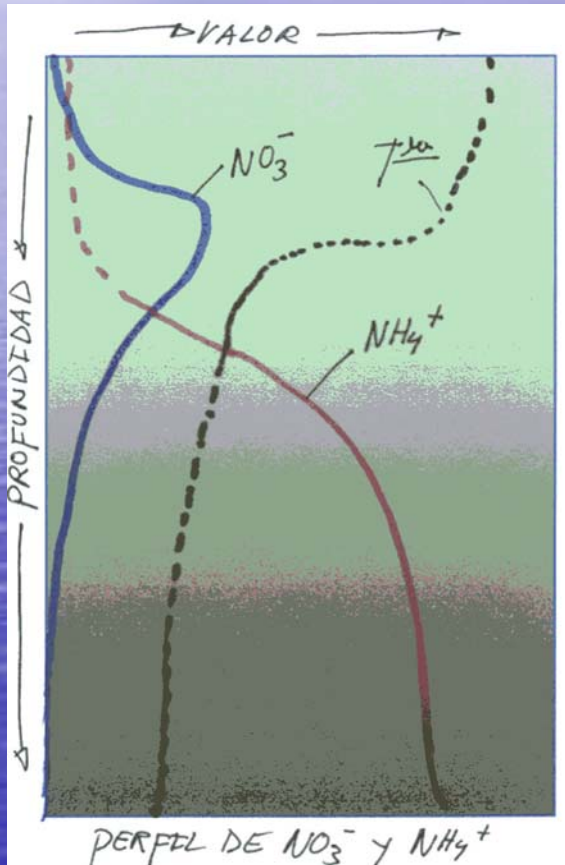


- Para la movilización es necesaria la actuación de organismos fijadores dependientes de dos factores fundamentales:
  - Temperatura, que afectará a las velocidades de la reacción
  - Oxígeno, que determinará el tipo de reacción.
- Por ello, en zonas con disponibilidad de O<sub>2</sub>, se darán los procesos de nitrificación.
- En zonas con escasez de O<sub>2</sub> predominarán los procesos de desnitrificación.
- Durante la estratificación el lago eutrófico es anóxico, lo que puede llevar al aumento de N<sub>2</sub> en el hipolimnion debido a la desnitrificación.



PERFIL DE  $N_2$  EN LAGO  
EUTRÓFICO ESTRATIFICADO

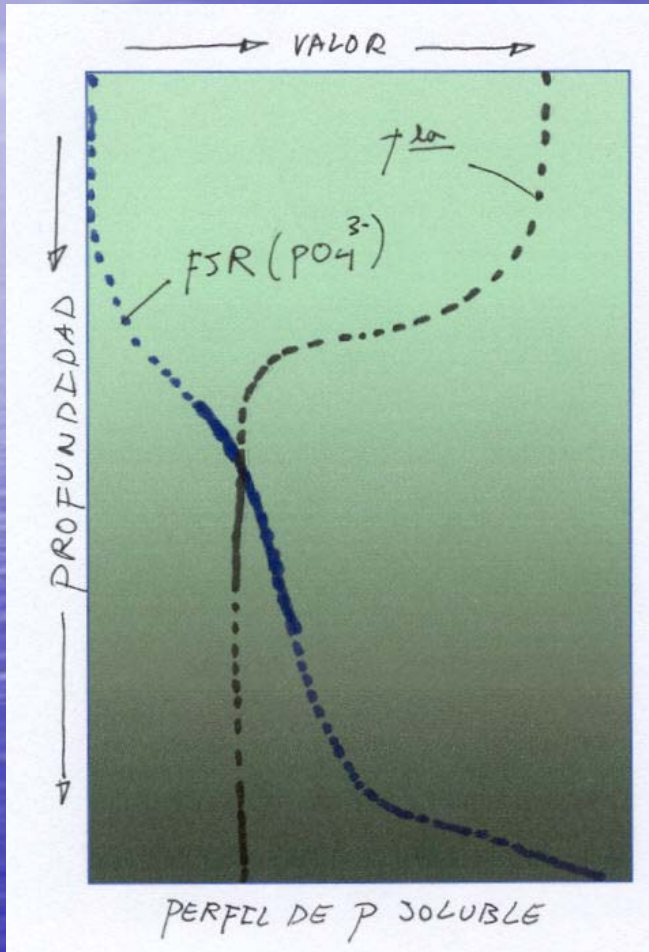
## VARIACIÓN DEL NITRÓGENO EN PROFUNDIDAD. (CONT)



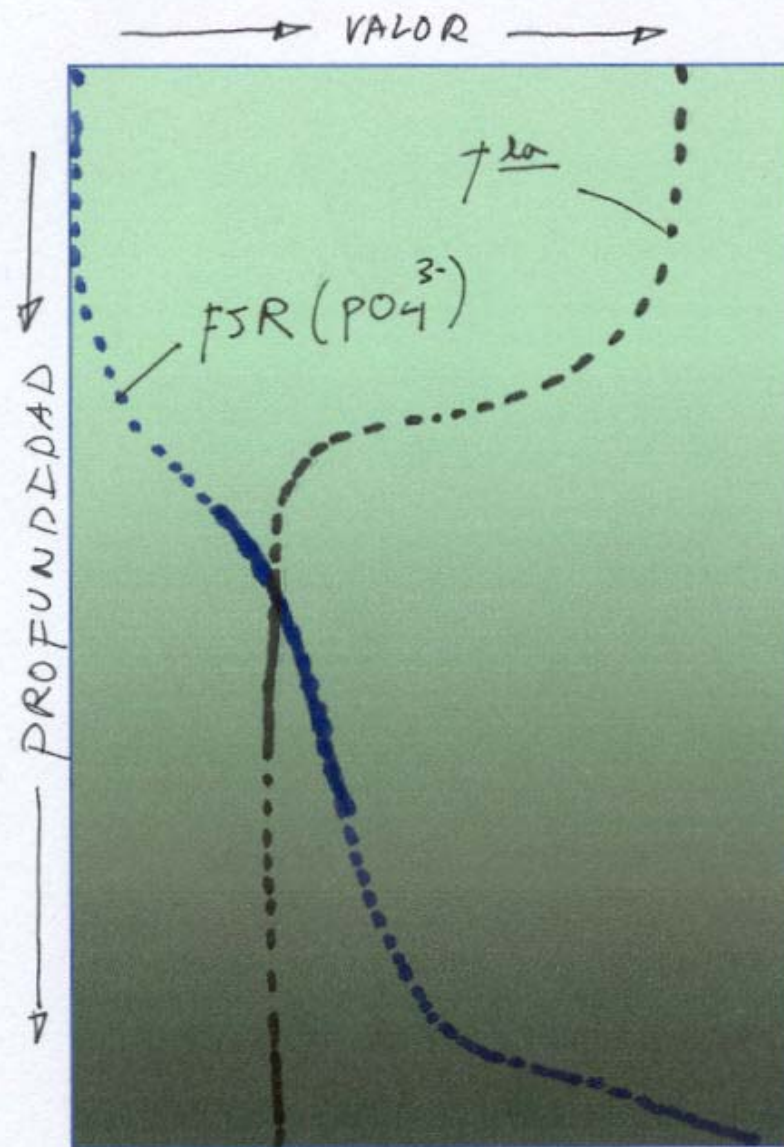
- En los océanos así como en lagos eutróficos, el rasgo característico es el agotamiento y disminución en la capa superficial debido a la asimilación biológica.
- En los eutróficos el NO<sub>3</sub> hipolimnético es el primer compuesto como receptor de electrones o agente oxidante de la MO una vez desaparece el O<sub>2</sub>.
- En este caso, el amonio, presenta un comportamiento opuesto al acumularse por efecto de la mineralización de la MO y no llegar a ser oxidado a NO<sub>2</sub> y NO<sub>3</sub> en el proceso aeróbico de la nitrificación.
- El NO<sub>2</sub> es más escaso que el NO<sub>3</sub>.



# VARIACIÓN DE COMPUESTOS DE FÓSFORO



- El perfil de fósforo como ocurría con otros elementos se relaciona con el estado trófico del sistema.
- Si el ambiente es oligotrófico, el perfil es ortogrado.
- Si el ambiente es eutrófico el perfil es clinogrado, produciéndose un fuerte incremento de P soluble y particulado en el hipolimnion.
- Este incremento de particulado puede relacionarse directamente con la sedimentación (zona trofógena vs trofófila).



PERFIL DE P SOLUBLE

# LA "MICROCAPA OXIGENADA"

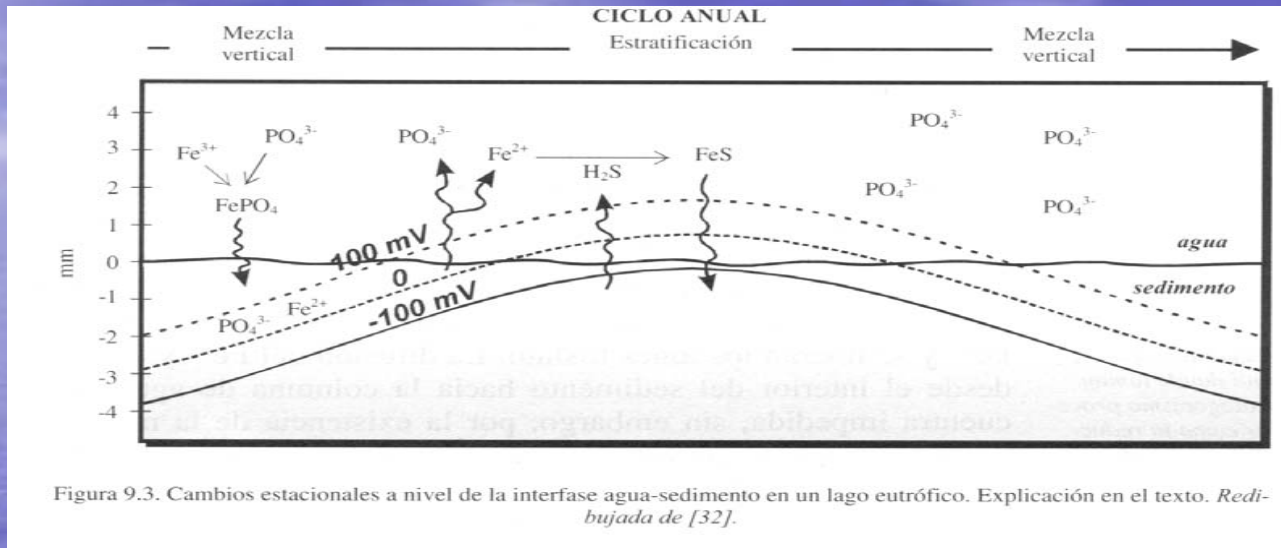


Figura 9.3. Cambios estacionales a nivel de la interfase agua-sedimento en un lago eutrófico. Explicación en el texto. Redibujada de [32].

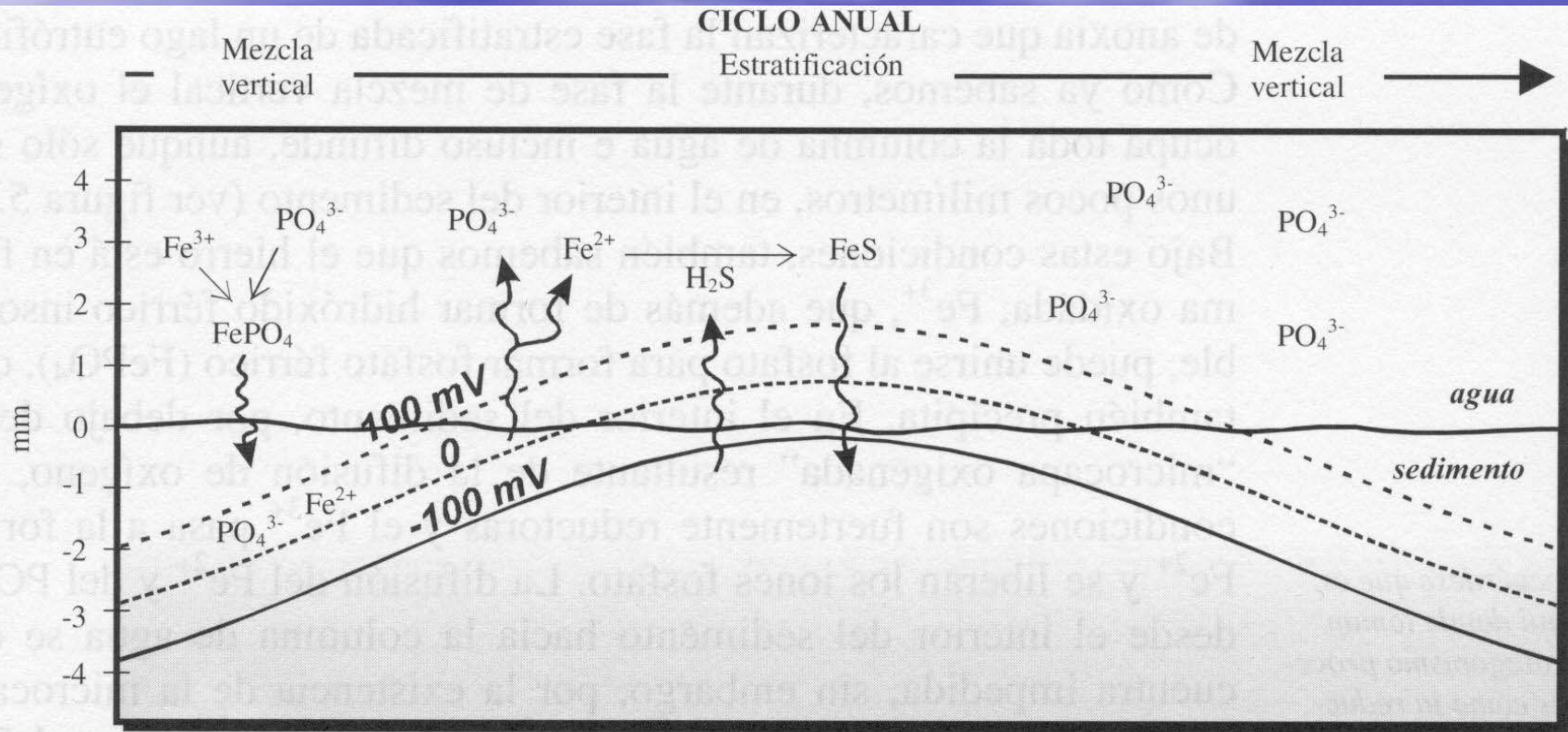


Figura 9.3. Cambios estacionales a nivel de la interfase agua-sedimento en un lago eutrófico. Explicación en el texto. Redibujada de [32].



**FINAL**