



## L'OSSIGENO



Il cattivo stato di salute di un lago si manifesta quando in esso è presente una **eccessiva quantità di vegetali e di animali** per cui l'ossigeno al fondo diventa insufficiente per ossidare tutte le loro spoglie che al termine del ciclo vitale vi cadono a pioggia. L'ossigeno disciolto nell'acqua è quindi necessario non solo per la respirazione del mondo animale che vive negli strati più alti, ma anche per ossidare le loro spoglie accumulate sul fondo.

L'acqua del lago "cattura" ossigeno dall'aria con la quale è a contatto, particolarmente in presenza di moto ondoso. L'ossigeno in soluzione si chiama **ossigeno** disciolto: si misura in milligrammi litro e, in condizioni di freddo invernale, è dell'ordine di 10 mg/l. Affinché giunga al fondo del lago occorre che gli strati superficiali, ricchi di ossigeno, scendano al fondo mentre quelli al fondo, poveri di ossigeno salgano alla superficie per arricchirsi. Per questa ragione l'ossigeno al fondo, anche in condizioni ottimali, non può superare i 10 mg/l che l'acqua aveva "catturato" quando era in superficie.

Il consumo di ossigeno al fondo avviene in continuazione perché ogni giorno cessa di vivere una parte di fitoplancton, di zooplancton e di pesci. Il rifornimento di ossigeno invece è saltuario e avviene **una sola volta all'anno**, quando il lago sotto la spinta del forte vento invernale si rimescola completamente. Il **rimescolamento completo** avviene in presenza di due condizioni contemporanee: lo stato di **omeotermia** ed un forte e persistente vento che nel nostro lago è la **tramontana**. Lo stato di omeotermia è quello in cui il lago ha la stessa temperatura dalla superficie al fondo, stato che avviene in febbraio e marzo, mesi in cui il lago raggiunge la temperatura minima dell'anno, che è di circa 8 °C.

Purtroppo la tramontana non sempre è abbastanza forte per attivare il completo rimescolamento e perciò la riserva di ossigeno al fondo del lago può essere insufficiente per sostenere il consumo dei mesi seguenti. Non lamentiamoci quindi delle gelide tramontane invernali: portano salute al lago, lo rigenerano dopo il degrado avvenuto nella precedente stagione estiva e lo ricaricano per affrontare quella successiva.



Lo stato di omeotermia cessa dopo marzo perché le giornate si allungano e aumenta la radiazione solare per cui l'acqua in superficie si scalda gradualmente fino a raggiungere in agosto la massima temperatura che è di 26 °C. Questo determina una **stratificazione termica**. L'acqua calda, essendo più leggera "galleggia" su quella fredda formando uno strato superficiale di qualche metro che si chiama **epilimnio**. In esso il vento attiva un rimescolamento superficiale, mentre il restante corpo d'acqua, che si chiama **ipolimnio**, rimane praticamente immobile ad una temperatura di 8 °C tutto l'anno. Lo strato intermedio di graduale transizione, si chiama **metalimnio**. Nell'epilimnio e nel metalimnio abbondano luce, cibo e ossigeno, ed è disponibile una vasta scelta di temperatura, perciò sono questi gli strati in cui pesci e zooplancton preferiscono vivere.

## IL FOSFORO

Dal bacino imbrifero giungono liquami urbani e dilavamenti di provenienza agricola che contengono **sostanze nutrienti** per i vegetali acquatici, essenzialmente **azoto** e **fosforo** che, come nell'agricoltura a terra "fertilizzano" i vegetali lacustri. Troppo nutrimento fa male al lago: questi nutrienti, pur se in quantità piccolissime, misurabili in milionesimi di grammo per litro (**microgrammi per litro**), hanno grande efficacia nello sviluppare fitoplancton su tutta la superficie del lago fin dove arriva la luce del sole.

E' un "pascolo" che determina la quantità di zooplancton e di pesci che se ne cibano. Nel nostro lago l'azoto abbonda, ma è efficace solo se è unito ad una certa proporzione di fosforo. Ne consegue che la quantità di fitoplancton dipende in pratica dalla presenza di **fosforo in soluzione** nell'acqua.

La quantità di fitoplancton viene valutata in base al contenuto di **clorofilla A**, che è un pigmento presente nei vegetali ed anche in base alla trasparenza dell'acqua, che diminuisce con l'aumentare del fitoplancton.

Il fosforo arriva in continuazione dal bacino; nel lago ve ne sarebbero quantità enormi se non fosse abbattuto dall'ecosistema che lo fissa al fondo. Come? Il fosforo entra nella struttura del fitoplancton e da questo passa allo zooplancton ed ai pesci. Terminato il ciclo vitale, le loro spoglie cadono a pioggia sul fondo del lago trascinando con sé il fosforo che hanno assimilato. Qui le spoglie vengono mineralizzate dai **batteri aerobi** che le ossidano fissandole al fondo, rendendo **insolubile** il fosforo. Se le spoglie sono troppe, l'ossigeno si esaurisce ed entrano in azione i **batteri anaerobi**, ma il fosforo non viene da loro ossidato per cui quello eccedente rimane in soluzione aggiungendosi al nuovo in arrivo.

La quantità di sostanze nutrienti per i vegetali determina la **trofia** del lago (dal greco nutrimento) e la conseguente classificazione qualitativa decrescente: **oligotrofo**, **mesotrofo** ed **eutrofo**. La quantità di fosforo si misura facilmente durante il periodo di completo rimescolamento perché i valori chimici **sono uguali** in tutto il corpo d'acqua. Tale valore, confrontato con quello degli anni precedenti, rimane il più precoce indicatore dell'eventuale degrado trofico in atto, in particolare se correlato con la perdita di ossigeno al fondo.

Nella figura che segue sono illustrate tre colonne con esempi di corpi d'acqua qualitativamente decrescenti, da oligotrofo a eutrofo. La prima riga illustra la graduale variazione dei quattro parametri fisico-chimici utilizzati per la classificazione SEL. Come si vede confrontando le tre immagini consecutive, l'aumento del **fosforo (P)** ha per effetto un aumento della quantità di fitoplancton, che si rileva chiaramente per l'aumento di **clorofilla (clor)** e la diminuzione della **trasparenza (DS)**. Aumentano anche le spoglie e perciò diminuisce l'**ossigeno (O<sub>2</sub>)**. Nella seconda riga è riportato l'esame al microscopio che evidenzia la perdita di biodiversità. Nella terza e quarta riga sono illustrate le situazioni che si verificano nella zona costiera e in quella pelagica.

In sintesi: una eccessiva quantità di fosforo che arriva dal bacino determina il degrado trofico, detto **eutrofizzazione**, le cui conseguenze sono: esaurimento dell'ossigeno al fondo; produzione di sostanze putrescenti, tossiche e maleodoranti; sviluppo di alghe rosse (tossiche); ecc.



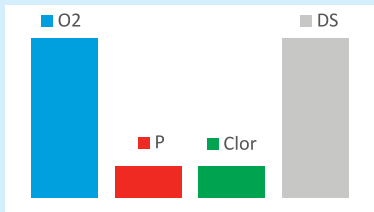
Fertilizzanti agricoli





## L'EVOLUZIONE TROFICA

### lago oligotrofo



**nelle acque pelagiche:**  
l'ossigeno (O2) al fondo è abbondante, la concentrazione di fosforo (P) è bassa, la concentrazione di clorofilla (Cl) è bassa la trasparenza disco secchi (DS) è alta



**al microscopio**  
zooplancton e poco fitoplancton, benthos con grande biodiversità

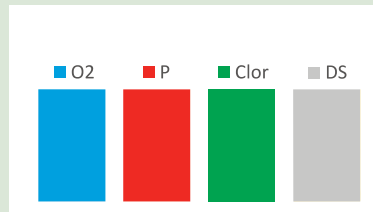


**zona litorale**  
possibile popolamento di salmonidi, scarsa presenza di macrofite

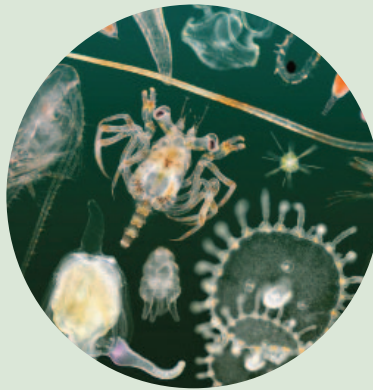


**zona pelagica**  
al fondo possono vivere i pesci, la quantità di sedimenti è irrilevante

### lago mesotrofo



**nelle acque pelagiche:**  
l'ossigeno al fondo può ridursi a zero in estate, la concentrazione di fosforo aumenta, la concentrazione di clorofilla aumenta, la trasparenza diminuisce



**al microscopio**  
zooplancton con prevalenza di zooplancton, benthos con minore biodiversità

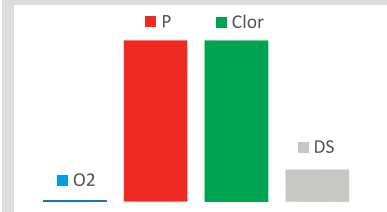


**zona litorale**  
popolamento ittico a prevalenza di ciprinidi, media presenza di macrofite

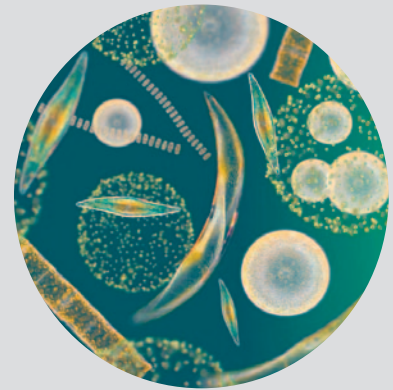


**zona pelagica**  
assenza di pesci durante l'anossia estiva, l'aumento di sedimenti è misurabile

### lago eutrofo



**nelle acque pelagiche:**  
l'ossigeno al fondo è sempre assente, la concentrazione di fosforo è alta, la concentrazione di clorofilla è alta, la trasparenza è bassa



**al microscopio**  
prevalenza di fitoplancton, biodiversità compromessa



**zona litorale**  
popolamento ittico a ciprinidi, abbondante presenza di idrofite



**zona pelagica**  
l'ambiente acquatico è tossico, l'interrimento dei fondali è rapido

