

Nota: "Il presente documento è tratto dall'ipertesto online I LAGHI: ORIGINE, FUNZIONAMENTO E CONSERVAZIONE, prodotto da R. Bertoni e reperibile all'URL: <http://www.ise.cnr.it/verbania/divulgaz.htm>"

Introduzione ai Laghi

L'ambiente è un argomento che interessa perché se si mette male per l'ambiente, si mette male anche per noi che ci viviamo dentro. E quelli che non si preoccupano almeno un poco per i possibili danni alla salute propria e dei figli sono una minoranza. Così ogni volta che si scopre un vero o presunto attentato all'ambiente i giornali ne parlano e ne straparlano, a proposito e a sproposito, perché quello che conta è la notizia. Più questa è drammatica, esplosiva, sconvolgente, preoccupante tanto meglio è: le cose eccezionali, come è ovvio, suscitano più interesse di quelle piatte, normali. Così le notizie sull'ambiente che ci vengono scodellate dai media hanno spessissimo il colore della catastrofe. Lo stesso colore lo usano anche i politici e soprattutto, guarda caso, quelli che dichiarano di essere in politica per difendere l'ambiente. Così la gente, o almeno quella che non fa di mestiere lo scienziato ecologo, rimane sbigottita e spaventata perché ormai c'è in giro odore di catastrofe anche se è noto che, per professione, i giornalisti gonfiano le notizie e i politici tirano l'acqua al loro mulino.

Non sto dicendo che l'ambiente non corre dei rischi, tutt'altro. Dico soltanto che ci sono anche le false emergenze e queste consumano risorse utili per affrontare le emergenze vere. Insomma, bisognerebbe saper valutare l'effettiva gravità di un problema ambientale. Questa valutazione potrebbe essere resa più facile dalla disponibilità di quel minimo di informazione scientifica di base che permette di criticare le notizie anziché subirle. E' un minimo che non è facile da possedere perché il funzionamento degli ambienti naturali (foreste, pascoli, laghi, mari ecc.) è complesso, dipende da moltissime variabili e può essere studiato soltanto mettendo insieme molte competenze provenienti da campi scientifici diversi.

Questo testo è il tentativo di fornire, in un modo accessibile e spero non troppo noioso, un minimo di informazione scientifica di base sull'ambiente delle acque dolci. E' un ambiente fondamentale per l'uomo che d'acqua dolce ha bisogno per vivere ma che, nonostante questo, insidia fortemente fiumi e laghi perché nella maggior parte del globo vive in stretto contatto con essi.

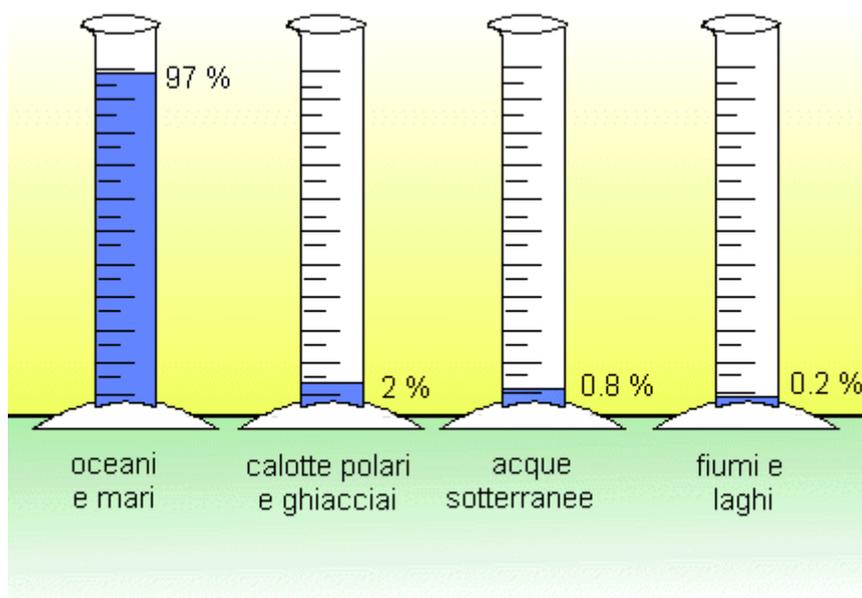
Cos'è la limnologia.

Lo studio scientifico dei laghi e degli organismi acquatici ha inizio nella seconda metà del XVII secolo per l'attività di B. Varenio e A. Kircher e, successivamente, di L.F. Marsili, L. Spallanzani e A. Volta. Però è soltanto da un secolo che la **LIMNOLOGIA** (dal greco: studio dei laghi) ha assunto la dignità di scienza per opera dello Svizzero F.A. Forel. La sua opera "Le Léman, Monographie Limnologique", pubblicata in tre volumi tra il 1892 e il 1904, può essere considerata il primo testo ufficiale di limnologia. In Italia questa scienza interessò numerosi scienziati quali G.P. Magrini, P. Pavesi, G. De Agostini, M. De Marchi, R. Monti che diedero origine ad una scuola concretatasi nel primo Istituto limnologico italiano, sorto a Pallanza nel 1938, sulla sponda occidentale del Lago Maggiore, ove operarono E. Baldi, V. Tonolli e Livia Pirocchi Tonolli. Quel primo Istituto è tuttora attivo ma purtroppo è rimasto l'unico.

L'obiettivo della Limnologia, quindi, è lo studio dei grandi laghi profondi, dei piccoli laghi, degli stagni, delle pozze ed anche delle raccolte d'acqua dolce costituite artificialmente dall'uomo. La Limnologia si occupa del lago come di una entità unitaria e lo deve quindi studiare utilizzando le competenze ed i metodi di molte scienze diverse quali la geografia, la geologia, l'idrologia, la meteorologia, la fisica, la chimica, la zoologia, la botanica, la microbiologia, la matematica e l'informatica. La Limnologia è, in altre parole, una scienza interdisciplinare perché per studiare come funziona e dove sta andando un lago deve ricorrere alle diverse discipline scientifiche che si occupano delle diverse parti che costituiscono l'organismo lago: la parte di crosta terrestre che lo ospita, le piogge che lo alimentano, le sostanze chimiche introdotte dai fiumi, gli animali e i vegetali che ci vivono, ecc.

Perché la limnologia.

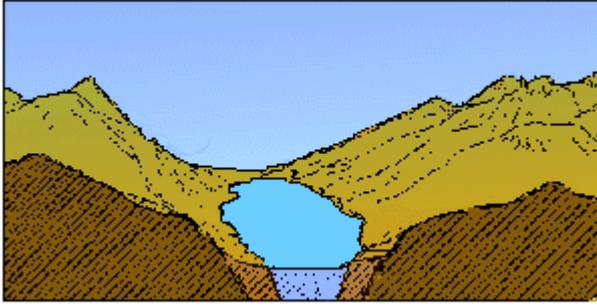
I laghi sono importanti perché costituiscono la maggior riserva, facilmente accessibile, d'acqua dolce del nostro pianeta. Infatti, anche se l'acqua sulla Terra è abbondante (da 1.4 a 1.7 miliardi di km³) essa è per la maggior parte acqua marina, salata e quindi non utilizzabile da animali e vegetali terrestri. Questa suddivisione delle acque è la fotografia istantanea delle masse d'acqua mantenute in movimento da un meccanismo complesso, il ciclo idrogeologico dell'acqua, che unisce tutti i sistemi acquatici del pianeta



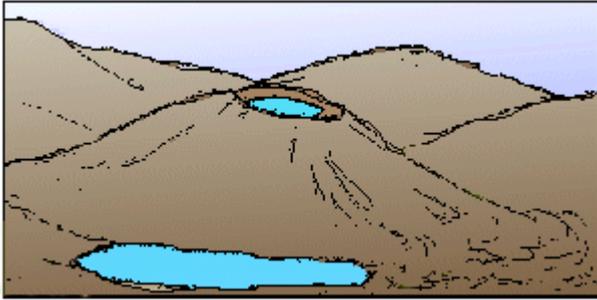
Tipi di lago: morfologia ed origine dei laghi.

I

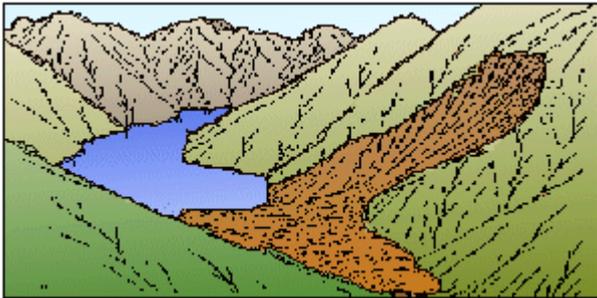
I laghi sono cavità del suolo all'interno delle quali si accumula l'acqua raccolta dal bacino imbrifero. Tali cavità si possono essere prodotte nella crosta terrestre per svariati motivi. I laghi vengono classificati a seconda della loro origine in:



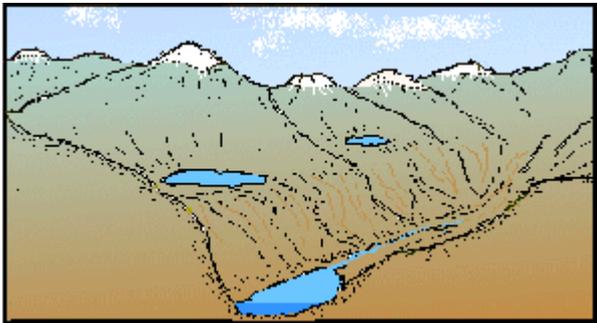
laghi tettonici: sono quelli formatisi in seguito a movimenti degli strati più profondi della crosta terrestre che fratturandosi e spostandosi, hanno determinato l'aprirsi di bacini ove si sono raccolte le acque. Di questa origine sono i grandi laghi africani (Tanganika, Niassa, Rodolfo) ed asiatici (Baikal), tra i più estesi e profondi della terra.



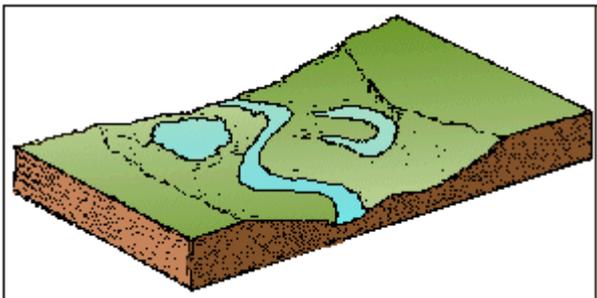
laghi vulcanici: sono quelli ospitati nei crateri, singoli o diversi compenetrati, di vulcani spenti (**laghi craterici** : es. laghi di Monterosi, Albano, Nemi, Vico, Bracciano) o nelle depressioni formatesi per lo sprofondamento delle parti centrali dei vulcani a seguito della fuoriuscita dei magmi (**laghi di caldera** : es. lago di Bolsena). Di questa origine sono anche i **laghi di sbarramento** di vallate formatesi per il consolidamento di colate laviche trasversali alla valle.



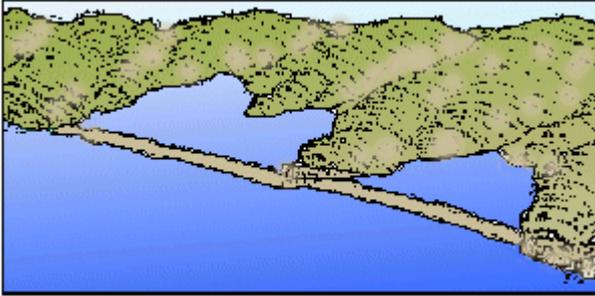
laghi di frana si formano in seguito ad eventi catastrofici per la deposizione sul fondo di una vallata dei detriti franati da una parete della valle stessa



laghi glaciali: i ghiacciai possono originare conche lacustri in due modi: 1) scavando conche direttamente nella roccia o 2) sbarrando valli con materiale morenico (laghi morenici) o con la loro stessa massa. Si ritiene che i ghiacciai non abbiano scavato le grandi valli alpine ma, piuttosto, che abbiano rimodellato valli preesistenti



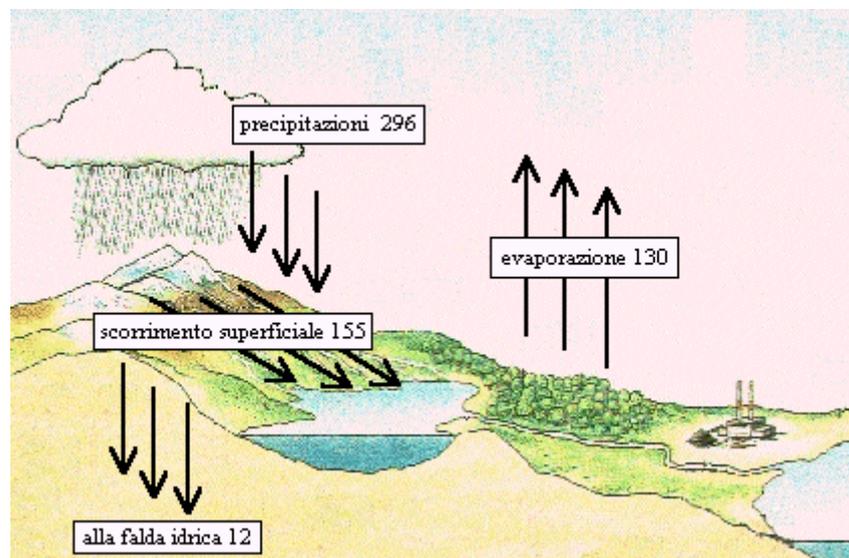
laghi di pianura: in una pianura molto livellata percorsa da molti fiumi bastano cause modeste per provocare tra due bacini idrografici zone di spartiacque incerto, che facilmente si impaludano. Le cause più frequenti sono: il costipamento dei sedimenti, lo sbarramento ad opera di alluvioni, le irregolarità nella deposizione originaria del materiale alluvionale che ha costituito la pianura e, infine, l'opera dell'uomo di estrazione dal sottosuolo. Ancora: se un meandro del fiume viene segregato dal corso principale, per esempio per la deposizione di materiali alluvionali, vi si può trattenere una raccolta d'acqua denominata **lanca**.



laghi costieri: i laghi costieri si formano per deposizione, parallelamente alla linea di costa, del materiale sospeso nelle acque marine. Il protrarsi di tale deposizione può far sì che l'accumulo arrivi a sporgere sopra il livello medio del mare formando una lingua sabbiosa allungata: il cordone litoraneo. Se questo si origina all'imboccatura di un seno della costa, può giungere a saldarsi con la terraferma ad entrambe le estremità isolando dal mare aperto uno specchio d'acqua che diventa un lago costiero.

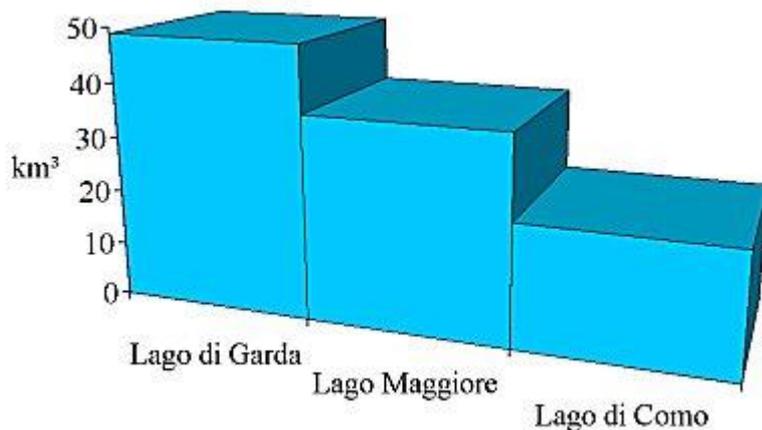
Il ciclo dell'acqua nella biosfera

L'acqua è in continuo movimento. Superficie terrestre ed atmosfera costituiscono una specie di grande dissalatore ad energia solare. Questa provoca l'evaporazione dell'acqua marina. Circa l'85% di tutta l'acqua che evapora annualmente nell'atmosfera proviene dai mari (~ 500000 km³). Il restante 15% deriva dall'evaporazione delle acque superficiali continentali e, per la maggior parte, dalla traspirazione delle piante (evapotraspirazione). Dall'atmosfera l'acqua ricade poi, come pioggia o neve, sulla superficie terrestre. Il continuo trasferimento dell'acqua, sotto forma di vapore, all'atmosfera e il successivo ricondensarsi del vapore che ricade sulla terra come



precipitazioni
costituisce il ciclo
dell'acqua.

Il **bacino imbrifero** è la porzione di territorio che convoglia, attraverso i corsi d'acqua (torrenti e fiumi) costituenti il **reticolo idrografico**, le acque meteoriche ad un determinato corpo d'acqua. E' delimitato dalla **linea spartiacque**. Le acque drenate al di là di essa sono convogliate verso altri corpi idrici. Il bacino imbrifero influisce enormemente sugli ecosistemi acquatici: la sua superficie determina il volume delle acque raccolte, la sua composizione mineralogica influenza il chimismo di base dei laghi, la sua copertura vegetale influisce nella ripartizione delle acque di ruscellamento e di evapotraspirazione. Le acque drenate si caricano poi di sostanze organiche ed inorganiche e di inquinanti in funzione dell'uso prevalente (agricolo, industriale, urbano) del territorio attraversato. Da quanto detto è chiaro che la fisiologia e l'evoluzione a breve e lungo termine degli ecosistemi acquatici dipende dalle caratteristiche del territorio che li circonda.



Superficie del bacino imbrifero e tempo di rinnovo dell'acqua dei laghi.

Il Lago Maggiore (superficie 212 km²) è il secondo lago italiano e si colloca tra i laghi di Garda (368 km²) e di Como (146 km²). E' secondo anche per profondità massima e per volume. Con i suoi 374 m ha una profondità intermedia tra quelle del Como (410 m) e del Garda (350 m). E' in posizione intermedia tra questi due anche per volume. Contiene, infatti, 37 km³ d'acqua: 12 km³ in meno del Garda e 15 km³ in più del Como.

In altre parole, se con l'acqua di questi laghi riempissimo tre giganteschi acquari cubici di 3.7 km di lato quello riempito con l'acqua del Garda sarebbe pieno quasi fino all'orlo, quello che raccoglie l'acqua del Lago Maggiore sarebbe pieno per 3/4 e, infine, col Lago di Como si arriverebbe quasi a metà vasca.

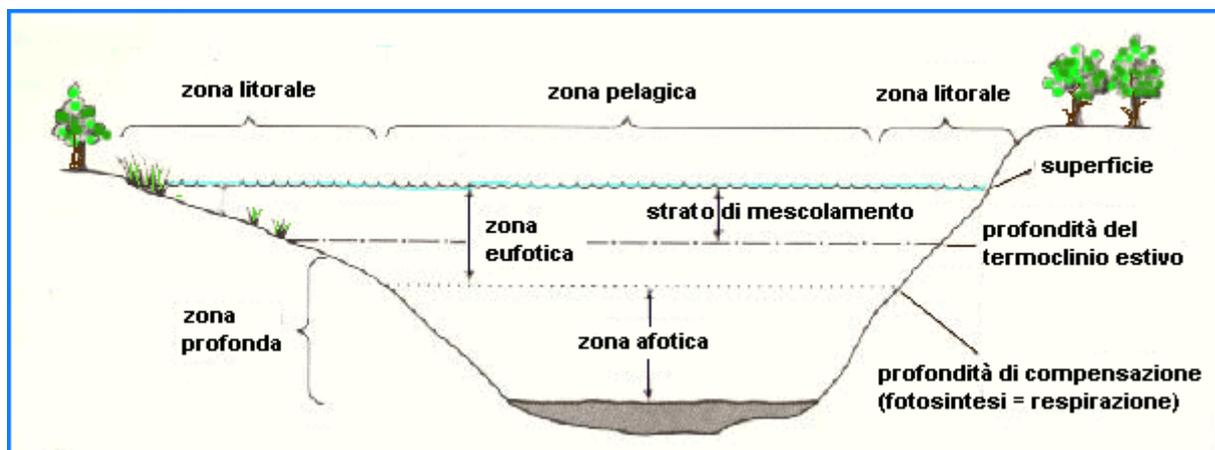
Però il **tempo teorico di rinnovo**, cioè quello necessario per ricambiare completamente l'acqua dei laghi pur mantenendo il flusso in uscita attraverso i fiumi emissari, è inferiore per il Lago Maggiore, che impiegherebbe per rinnovare tutta la sua acqua 4 anni contro i 4,5

richiesti dal Lago di Como ed i 26,8 necessari al Lago di Garda. Questo dipende dal fatto che la superficie del bacino imbrifero del Lago Maggiore è di ben 6.600 km² contro i 4.509 e 2.260 km² dei bacini imbriferi dei laghi di Como e di Garda, rispettivamente.

I fiumi ed i torrenti che si gettano nel Lago Maggiore sono una ventina. I due più grandi, il Ticino ed il Toce, insieme mediamente versano nel lago oltre 120.000 litri d'acqua al secondo.

Struttura del lago

Le diversità nelle strutture morfologiche e fisiche (termiche e luminose) del lago permettono di identificare in esso delle zone caratterizzate da differenze nel "clima" subacqueo tali da influenzare la struttura biologica (tipo di organismi e loro funzioni) del lago.



zona litorale: è la porzione di lago che si estende dalla riva fino alla profondità dove arriva luce sufficiente alla crescita dei vegetali (zona eufotica o zona trofogenica). E' anche la zona dove, in estate, le acque riscaldate e ben mescolate arrivano fino al fondo.

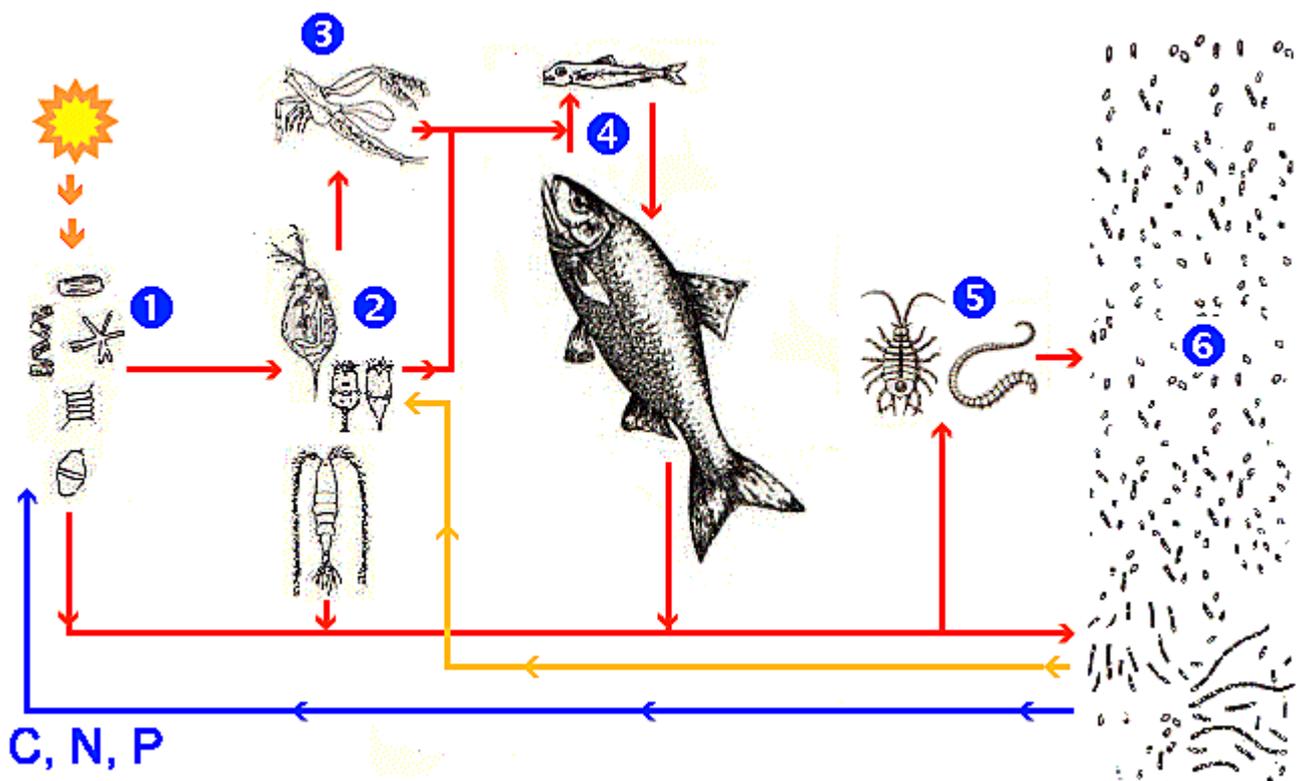
zona pelagica: reperibile soltanto in laghi piuttosto profondi, è quella che non subisce le influenze dirette del litorale e del fondo e dove esiste anche una zona afotica. In questa zona (detta anche trofolitica) la radiazione luminosa è troppo bassa per consentire la fotosintesi ma la respirazione, e quindi il consumo di ossigeno, procede e può portare all'anossia.

La vita nei laghi catena alimentare

La vita nei laghi è sostenuta dai produttori, dagli erbivori, dai carnivori, dai detritivori e dai decompositori. Questi sono gli anelli della **catena alimentare**, lungo la quale avviene il trasferimento di energia negli ecosistemi, alimentati dall'energia solare.

I produttori producono sostanza organica (cioè nuovi organismi) usando energia solare e materia inorganica, **gli erbivori** (o consumatori primari) si nutrono dei vegetali così prodotti, **i carnivori** (o consumatori secondari) si cibano di questi animali e, infine, **i decompositori** decompongono il detrito organico nei suoi costituenti inorganici (carbonio, azoto, fosforo, ecc.) che i produttori riutilizzano per produrre nuova sostanza organica.

Nell'ambiente acquatico produttori, erbivori e decompositori sono, per la maggior parte, degli organismi molto piccoli che costituiscono il **plancton**, i carnivori sono organismi più grandi (pesci) in attivo movimento nelle acque e costituiscono il **necton**. In vicinanza del fondo vivono i detritofagi, che costituiscono il **bentos**. In realtà le cose sono più complicate: anche tra il plancton ci sono dei carnivori (consumatori secondari) e tra i pesci ci sono degli erbivori (consumatori primari). Queste complesse relazioni costituiscono la **rete trofica**, cioè la rete di distribuzione del cibo.



In questo schema la **linea rossa** rappresenta il trasferimento dell'energia chimica (cioè del cibo) dai produttori primari (1) che l'hanno sintetizzata ai consumatori primari (2) (gli erbivori), ai secondari (3) (i predatori di erbivori), ai terziari (4) (i mangiatori di predatori) fino ai detritivori (5) (mangiatori di resti di organismi). Quello che resta dell'energia chimica dopo questi passaggi è utilizzato dai decompositori (6) (i batteri) che:

- > lo riciclano essendo essi stessi cibo per il plancton più piccolo (**linea arancione**)
- > lo mineralizzano rendendo di nuovo disponibili i composti inorganici (**linea blu**)

La piramide delle biomasse

La rete trofica mostra che le relazioni trofiche sono:

- dipendenti dalle dimensioni, cioè che il trasferimento di energia da un livello al successivo avviene attraverso particelle di cibo (organismi) di dimensione crescenti;
- che ogni passaggio da un livello al successivo comporta sempre delle perdite come **detrito particellato** (feci, cadaveri) e **disciolto** (escrezioni, perdita di protoplasma alla morte)
- che le perdite possono essere recuperate dai batteri, che sono particelle di cibo utilizzabili da organismi più grandi costituite a partire da molecole organiche in soluzione.

Questi concetti sono sintetizzati dalla **piramide delle biomasse** che mette in evidenza le relazioni quantitative tra la massa della sostanza organica prodotta e costituita dagli organismi (biomassa) e le sue dimensioni.



Come si vede, le molecole organiche in soluzione e le particelle molto piccole costituiscono la massa di energia chimica più abbondante (59%). Gli organismi microscopici, cioè con dimensioni circa tra 0.2 e 100 micron, vengono subito dopo (39%) e in questo intervallo dimensionale dominano gli organismi più piccoli. Seguono gli animali appena visibili ad occhio nudo, cioè lo zooplancton, il cibo dei pesci. Questi, infine, risultano essere una percentuale minima di tutta la sostanza organica del lago.

In altre parole, alla base dell'esistenza dei grandi organismi - i pesci - che sono al centro della rete trofica e che interessano all'uomo c'è una quantità di energia assai più grande di quella contenuta nei pesci stessi e che è costituita da molecole e da organismi microscopici.

Per questo un danno a ciò che sta alla base della piramide può alterarne il vertice.

Il necton: il popolamento ittico

Il popolamento ittico è spesso il vertice della catena alimentare lacustre, della quale costituisce l'anello terminale. Ma non tutte le specie di pesci che popolano un lago occupano una posizione di vertice. Infatti, accanto ai grossi predatori che si nutrono di altri pesci, ci sono specie definite **carnivore** perché si nutrono di organismi animali appartenenti allo zooplancton o al bentos ed anche specie **erbivore**, che si nutrono di vegetali (parti di piante acquatiche, alghe) o di detriti organici. Infine, ci sono specie che possono cambiare il loro regime alimentare con l'età e a seconda

del tipo di cibo disponibile.

La composizione specifica del popolamento ittico di un ambiente acquatico è determinata dalle sue caratteristiche morfologiche, fisiche, chimiche e biologiche, cioè da dimensioni del bacino, profondità, temperatura, concentrazione di ossigeno disciolto, qualità e quantità di alimento disponibile.

Si possono individuare tre tipologie di laghi accomunati da caratteristiche simili e, di conseguenza, tre tipi di popolamento ittico:

- popolamento dei grandi laghi profondi;
- popolamento dei piccoli laghi;
- popolamento dei laghi alpini d'alta quota.

La composizione specifica del popolamento ittico e l'importanza numerica di ciascuna specie non sono stabili, ma soggette a variazioni naturali o indotte dalle attività di pesca, da pratiche di ripopolamento a sostegno di popolazioni già presenti o da introduzioni intenzionali di nuove specie, da introduzioni accidentali o avventate di nuove specie, da mortalità dovute a fenomeni di inquinamento.

Alimentazione dei pesci

All'uscita dall'uovo, le larve dei pesci possiedono una riserva di sostanze nutritive (provenienti dal tuorlo) racchiuse nel sacco vitellino, struttura ben evidente nella foto di larve di trota qui accanto. Questa riserva consente alla larva di sopravvivere, senza assumere alimento dall'ambiente, per un periodo, variabile da specie a specie, che va da alcuni giorni ad alcune settimane.



Esaurita tale scorta, i piccoli pesci si nutrono di microscopici organismi planctonici, soprattutto rotiferi e piccoli crostacei. Gli occhi di questi giovani sono ben sviluppati, appunto per consentire loro il miglior successo in questa caccia che si realizza a vista.

Questo tipo di alimentazione, che è generalizzabile ai giovani di tutte le specie ittiche, si protrae almeno per tutta la prima stagione di accrescimento. Dopo il primo anno, ma in alcuni casi dopo il secondo o il terzo anno di vita, l'alimentazione può cambiare radicalmente ed il pesce acquisisce le abitudini alimentari che sono tipiche della sua specie. Contrariamente a quanto può sembrare, non è semplice far rientrare i pesci in uno schema che ne classifichi con precisione le abitudini alimentari. Un primo tentativo di classificazione può essere il seguente:

ERBIVORI (o consumatori primari); sono i pesci che si cibano di piante acquatiche ed alghe filamentose (materiale vegetale in genere), ad esempio la savetta (*Chondrostoma soetta*);

-savetta:



➤ **CARNIVORI** (o consumatori secondari); sono i pesci che si cibano di animali invertebrati che vivono in sospensione nell'acqua (zooplancton) o sul fondo (bentos: larve di insetti, vermi, molluschi, ecc.), ad esempio il coregone (*Coregonus* sp.), carpa e persico sole (*Lepomis gibbosus*), ecc.;

-coregone:



➤ **PREDATORI** (o consumatori terziari); sono i pesci che si cibano di altri pesci o di altri vertebrati, ad esempio il luccio (*Esox lucius*) e la sandra (*Stizostedion lucioperca*), ecc.

-luccio:



Questa classificazione tuttavia appare inadeguata se si considera che le abitudini alimentari possono cambiare in funzione della disponibilità ambientale. Ad esempio, la trota, che è un predatore, può nutrirsi esclusivamente di plancton e/o bentos in laghi di montagna dove mancano i pesci che costituiscono la sua preda abituale. Per molte specie, soprattutto di ciprinidi, quali cavedano, scardola, alborella ecc., sarebbe più opportuno adottare il termine di **onnivore**, proprio per il loro opportunismo alimentare che le porta ad adattarsi ai più diversi tipi di alimento disponibili nell'ambiente.

Molti sono gli adattamenti anatomici che rendono le diverse specie ittiche più o meno efficienti per un determinato tipo di alimentazione. Le grandi dimensioni della bocca, ad esempio, la presenza di denti sulle mascelle o nel cavo orale definiscono le caratteristiche di predatore; la bocca piccola che si apre in posizione leggermente inferiore e la eventuale presenza di barbigli indica la prevalente alimentazione a base di organismi bentonici insediati in fondali con sedimenti soffici; la bocca che si apre superiormente sta ad indicare la possibilità di assumere alimento anche dall'ambiente atmosferico, come insetti o altre prede.

Ovviamente gli adattamenti morfologici non riguardano solamente la bocca, ma anche, e più sostanzialmente, gli organi interni dell'apparato digerente. La presenza dello stomaco quale organo specificamente differenziato è tipica dei predatori ed in generale dei carnivori, mentre è assente negli erbivori ed onnivori in generale. L'intestino ha una lunghezza maggiore nei pesci che si nutrono prevalentemente di vegetali: nella carpa erbivora (*Ctenopharhyngodon idella*) ha una lunghezza superiore ad oltre 10 volte la lunghezza del pesce, nel luccio è di poco inferiore alla lunghezza del pesce.

Quantità di alimento

Tra i fattori che determinano la quantità di alimento assunto da un pesce possono essere distinti dei fattori intrinseci alla biologia ed alla fisiologia della specie e fattori estrinseci, cioè determinati dall'ambiente esterno.

La quantità di cibo è primariamente regolata dalla richiesta metabolica dell'animale: questo significa che il giovane pesce in fase di pieno accrescimento ha una richiesta maggiore che non il pesce adulto che è soggetto ad un accrescimento molto più limitato. Durante il periodo riproduttivo

l'assunzione di cibo è minima o addirittura può cessare completamente, per riprendere con notevole intensità dopo che è avvenuta la deposizione delle uova.

Tra i fattori esterni che influenzano la quantità di cibo introdotta si deve considerare in primo luogo la temperatura. Le variazioni di questo parametro agiscono infatti, su animali a "sangue freddo" quali i pesci, producendo fluttuazioni nella richiesta energetica. Una diminuzione di temperatura agisce, ad esempio, rallentando l'attività ed i tempi di reazione del pesce che si alimenterà così molto meno, avendo nel contempo un minor dispendio energetico. Nel corso della stagione fredda, infatti, l'alimentazione è ridotta al minimo o cessa completamente. Anche la luminosità dell'ambiente influisce sulla assunzione di alimento. Si è avuto modo di verificare che il massimo di attività alimentare si ha mediamente con una luminosità pari a 1 *lux*, corrispondente all'incirca alla luce che si può avere nei primi metri d'acqua all'alba ed al tramonto.

La quantità di cibo assunto è inoltre legata alla disponibilità (cioè alla quantità) di organismi alimentari (di prede) messe a disposizione *pro-capite* dall'ambiente. In altre parole, ciascun pesce potrà mangiare di più quanto più cibo avrà a disposizione. Vale la pena a questo punto di chiarire che cosa si intende per disponibilità alimentare in quanto si ritiene che questo sia un concetto fondamentale che regola il successo di una popolazione ittica (ma non solamente!) in un ambiente acquatico. Rispondiamo alla seguente domanda: che cosa determina la disponibilità di un determinato gruppo di organismi alimentari (prede)? Innanzi tutto la maggiore o minore produttività dell'ambiente, così come le sue caratteristiche qualitative generali consentiranno lo sviluppo ottimale (per quell'ambiente) degli organismi che costituiscono la base alimentare. Questa base andrà suddivisa tra il numero dei commensali ad una condizione però: che il prelievo non sia tale da penalizzare troppo severamente la popolazione predata. Pena: l'eccessiva rarefazione e la scomparsa della base alimentare. In un ambiente naturale i pesci conoscono assai bene questa condizione ed attuano meccanismi di autoregolazione in modo tale da convivere convenientemente con la loro base alimentare.

I severi meccanismi attraverso i quali si realizza questa autoregolazione sono quelli della **competizione alimentare**. Tale competizione per l'alimento può avvenire tra individui della stessa specie (**competizione intraspecifica**); in questo caso solamente gli individui più abili nel procurarsi l'alimento potranno conseguire un accrescimento migliore e più rapido e realizzare con successo l'atto riproduttivo, gli altri saranno destinati a soccombere. Se la quantità di alimento tende a diminuire perché i commensali sono troppo numerosi, anche il numero dei commensali "soddisfatti" tenderà a diminuire e la popolazione pagherà il tributo di una più alta mortalità giovanile, cui consegnerà un numero di adulti minore, che raggiungerà la maturità sessuale ad una taglia minore e produrrà un minor numero di uova.

La competizione alimentare si può instaurare anche tra specie ittiche diverse (**competizione interspecifica**) che sfruttano la stessa base alimentare. Questo fenomeno assai grave di competizione alimentare si risolve sempre con la scomparsa di una delle due specie e si verifica spesso quale conseguenza della avventata introduzione di specie esotiche o quantomeno nuove per l'ambiente.

Temperatura dell'acqua e specie ittiche

La temperatura costituisce un fattore di vario ed ampio significato per la fauna ittica. I pesci, infatti, sono organismi a sangue freddo, cioè non in grado di regolare la loro temperatura interna e, più

precisamente, sono classificati come stenotemi freddi o stenotermi caldi poiché non in grado di sopportare elevate escursioni termiche nell'ambito di un clima rispettivamente freddo o caldo.

Con riferimento alle specie ittiche che vivono nella zona temperata possiamo identificare le specie stenoterme fredde come sostanzialmente appartenenti ai Salmonidi: trota, salmerino, coregone, ma anche, ad esempio, bottatrice e sanguinerola. Tra le specie stenoterme calde, che appartengono principalmente ai ciprinidi, si possono citare: scardola, triotto, carpa, tinca, ma anche persico, persico trota, pesce gatto, ecc.

L'evoluzione termica stagionale dei grandi laghi profondi della zona temperata permette la coesistenza dei due gruppi sopra indicati. La zona epilimnetica ospita le specie stenoterme calde che anche nella stagione invernale non trovano temperature molto basse (5-7 °C); la zona ipolimnetica può dare ospitalità alle specie stenoterme fredde poiché, anche nella stagione calda, può garantire temperature non superiori a 15-17 °C.

Negli ambienti lacustri di piccole dimensioni e profondità modesta (in genere inferiore a 10-15 m) non sono presenti specie stenoterme fredde poiché nel corso della stagione estiva vengono ampiamente superati i limiti di tollerabilità.

Nei piccoli laghi di alta montagna (fino a 1800-2000 m s.l.m.) è presente una fauna ittica limitata a trota, salmerino e sanguinerola.

L'attività metabolica, la quantità di alimento assunto, l'accrescimento corporeo, la respirazione, la riproduzione, i movimenti migratori dei pesci risultano condizionati dalla temperatura dell'acqua e dalle sue variazioni.

Oltre che un ambito di tolleranza, ciascuna specie ha una temperatura ottimale in relazione alle attività vitali del momento; nell'ambito del gradiente offerto dall'ambiente le zone con temperatura ottimale vengono continuamente ricercate e scelte dalle diverse specie.

Concentrazione di ossigeno disciolto e specie ittiche

Per quanto riguarda la concentrazione di ossigeno necessaria per la normale respirazione dei pesci si può osservare che le specie marine, adattate a vivere in un ambiente con una concentrazione piuttosto costante, mal sopportano variazioni anche minime. Le specie d'acqua dolce si sono adattate a ben tollerare un certo ambito di variazione di concentrazione ed alcune di esse possono sopravvivere anche a concentrazioni molto basse. Tra le specie normalmente presenti nelle nostre acque dolci si possono distinguere i seguenti quattro gruppi:

Concentrazione ottimale (ml/l)	Concentrazione minima accettabile (ml/l)	Specie ittiche
7-11	6	trota, sanguinerola, cobite...
5-7	5	temolo, pigo, barbo, bottatrice...
5-6	4	triotto, scardola, cavedano...

5-6	1-2	carpa, tinca, pesce gatto...
-----	-----	------------------------------

Per quanto riguarda la quantità di ossigeno consumata dai pesci si può osservare che questa non è costante; essa varia con l'età, in relazione ai cambiamenti nello stato di attività e delle condizioni di vita del pesce. Nelle specie che sono adattate a vivere in situazioni di periodiche diminuzioni di concentrazione di ossigeno si ha una riduzione dell'attività, la quantità di ossigeno utilizzata per la respirazione viene così ridotta al minimo.

Alcuni esempi di consumo di ossigeno sono i seguenti:

	In condizioni di attività	In condizioni di riposo
Salmerino a 20 °C	390 ml/kg pesce/ora	100 ml/kg pesce/ora
Carassio a 20 °C	120 ml/kg pesce/ora	60 ml/kg pesce/ora
Carassio a 30 °C	260 ml/kg pesce/ora	120 ml/kg pesce/ora

La fauna ittica dei grandi laghi profondi

La fauna ittica dei grandi laghi profondi può essere schematicamente suddivisa in due popolamenti principali:

- un popolamento pelagico, costituito principalmente da Salmonidi;
- un popolamento litorale e sublitorale, costituito principalmente da Ciprinidi, Percidi e Centrarchidi.

La presenza, nei grandi ambienti lacustri profondi, di acque ipo-limnetiche con buona ossigenazione e con una temperatura che, anche in periodo estivo, non è mai superiore a 15-17 °C consente l'insediamento nella zona pelagica di alcune specie frigidostenoterme ed ossifile quali, ad esempio, quelle appartenenti ai Salmonidi.

Originariamente la zona pelagica dei grandi laghi sud-alpini era caratterizzata dalla presenza della trota lacustre (*Salmo trutta lacustris*), del clupeide alosa (*Alosa fallax lacustris*) e del piccolo ciprinide alborella (*Alburnus alburnus alborella*). Nel Lago di Garda deve essere citata la presenza di un salmonide endemico: il carpione (*Salmo trutta carpione*). A partire dalla seconda metà del 1800 si è andata progressivamente affermando la presenza, nelle acque pelagiche dei laghi del Nord e del centro Italia, del coregone (*Coregonus* sp.), specie introdotta da ambienti lacustri situati a Nord delle Alpi nei quali è originaria.

Dal punto di vista della collocazione trofica, le specie ittiche pelagiche hanno abitudini alimentari esclusivamente zooplanctofagiche o, come nel caso delle trote di taglia superiore a 35-40 cm, ittiofaghe.

Il popolamento ittico litorale dei grandi ambienti lacustri è caratterizzato dalla presenza dei Ciprinidi, principalmente con scardola (*Scardinius erythrophthalmus*), cavedano (*Leuciscus cephalus*) e triotto (*Rutilus rubilio*). L'alborella, considerata specie pelagica, compie tuttavia frequenti migrazioni stagionali nella zona litorale. Nelle zone di acque basse, ricche di vegetazione acquatica, è presente la carpa (*Cyprinus carpio*) e la tinca (*Tinca tinca*). Presenti, prevalentemente nella zona sublitorale o litorale rocciosa sono anche i ciprinidi pigo (*Rutilus pigus*) e savetta (*Chondrostoma soetta*) mentre, in prossimità dello sbocco a lago di immissari, può essere rinvenuto il barbo (*Barbus barbus plebejus*). Assai rara è la presenza del carassio (*Carassius carassius*).

Per quanto riguarda il quadro delle abitudini alimentari, i Ciprinidi vengono generalmente considerati come degli onnivori, anche se le singole specie esprimono più o meno spiccate propensioni, in relazione all'età ed alla disponibilità ambientale, verso organismi planctonici o bentonici, verso materiale vegetale di origine diversa, oppure, come nel caso del cavedano, verso altri pesci.

Le specie predatrici ittiofaghe della zona litorale sono essenzialmente costituite dal luccio (*Esox lucius*), dal persico (*Perca fluviatilis*) e dal persico trota (*Micropterus salmoides*), specie quest'ultima introdotta nelle acque italiane all'inizio del novecento dal Nord America.

Per completare il quadro delle presenze ittiche nella zona litorale e sublitorale dei grandi laghi si deve citare il gadide bottatrice (*Lota lota*), che abita le zone sublitorali rocciose, il persico sole (*Lepomis gibbosus*), piccolo centrarchide avventatamente introdotto dal Nord America, l'anadroma anguilla (*Anguilla anguilla*), il cottide scazzone (*Cottus gobio*).

Nelle acque litorali del Lago di Garda è da citare la consistente presenza della cagnetta (*Blennius fluviatilis*); la presenza di questo piccolo blennide è stata rilevata negli anni '70 anche lungo le rive del Lago Maggiore.

Si deve infine accennare che i grandi laghi del distretto sud-alpino, connessi al reticolo idrografico del Fiume Po sono stati interessati fino ai primi decenni del novecento dalle migrazioni dal Mare Adriatico dell'alosa (*Alosa fallax nilotica*). Questo clupeide anadromo si spingeva nelle acque dolci dei grandi laghi per la riproduzione.

Il popolamento ittico dei piccoli laghi

La composizione specifica della fauna ittica dei piccoli laghi è sostanzialmente simile a quella della zona litorale dei grandi laghi. La mancanza in questi ambienti di una zona pelagica ben definita che con la sua profondità possa consentire nel periodo estivo valori termici non superiori a 15-17 °C fa sì che questi piccoli corpi d'acqua non siano adatti alla sopravvivenza delle specie ittiche frigostenoterme, quali, ad esempio, quelle appartenenti ai Salmonidi. La situazione di maggiore produttività che caratterizza questi ambienti, inoltre, determina spesso una severa diminuzione della concentrazione di ossigeno nella zona afotica, limitando così le possibilità di sopravvivenza a specie meno esigenti quali quelle appartenenti ai Ciprinidi.

L'alborella, sostituita dalla scardola non appena le condizioni ambientali, a causa del progredire dell'eutrofizzazione, tendono a peggiorare, costituisce la specie numericamente dominante con abitudini alimentari zooplanctofagiche. Più rara può essere la presenza del cavedano e del triotto. Tipicamente presenti sono invece carpa e tinca: specie che possono ben sopportare basse concentrazioni di ossigeno disciolto e con un'ampia base alimentare (macroinvertebrati di fondo,

vegetali, detrito organico, ecc.). Le specie ittiofaghe sono rappresentate da luccio (*Esox lucius*), persico (*Perca fluviatilis*) e persico trota (*Micropterus salmoides*).

Generalizzata è ormai la presenza del centrarchide persico sole (*Lepomis gibbosus*). Specie introdotta avventatamente dal Nord America, è divenuta molto comune nelle acque litorali della quasi totalità degli ambienti lacustri italiani.

Da citare la presenza del percide lucioperca (*Stizostedion lucioperca*) nel Lago di Comabbio. Questa specie, introdotta dal Nord Europa, è presente, dando luogo a qualche raro reperto di pesca, anche nel Lago Maggiore.

Particolari sono le caratteristiche del popolamento ittico del Lago Trasimeno. Malgrado la sua estensione, questo ambiente ha una profondità massima di circa sei metri e, quindi una composizione specifica che, in origine, può essere ritenuta del tutto simile a quella di laghi di ben più modeste dimensioni. Tuttavia, a partire dal 1920, questo ambiente è stato oggetto ad una serie di immissioni di particolari specie. Nel 1920 fu introdotto, infatti, il latterino (*Atherina mochon*): piccolo atherinide con abitudini gregarie che vive naturalmente in acque estuariali dalle quali può risalire in acque dolci di fiumi e laghi. La gambusia (*Gambusia affinis*) fu introdotta in occasione della lotta alla malaria. Nel 1923 fu introdotto il mugilide cefalo (*Mugil cephalus*): specie marina che nel periodo estivo migra in acque di salmastre spingendosi a volte anche in acque dolci fluviali. A questa introduzione è seguita, nel 1961, quella dei congeneri *Mugil saliens*, *M. auratus*, *M. ramada* e *M. chelo*. Questi Mugilidi, tuttavia, non si riproducono in acque dolci e ne vengono periodicamente immessi gli stadi giovanili.

Il popolamento ittico dei laghi alpini d'alta quota

I laghi alpini d'alta quota sono ambienti poco produttivi perché, a causa delle basse temperature dell'ambiente di alta montagna, la loro superficie è sgombra dai ghiacci solamente per un breve periodo estivo (due-tre mesi). In generale in questi ambienti i pesci sono naturalmente assenti, poiché non sono in grado di compiere il loro ciclo vitale ed a causa di una base alimentare troppo poco consistente. Quando è presente, e questo è comunque possibile soltanto in laghi situati a quota inferiore a 1800 m s.l.m., la fauna ittica è costituita dalla trota (*Salmo trutta fario*) e dal piccolo ciprinide sanguinerola (*Phoxinus phoxinus*). Quella della sanguinerola rappresenta per la trota una presenza assai importante in quanto garantisce un buon apporto alimentare per gli individui adulti di trota.

Variazioni naturali nel popolamento ittico

Poiché l'ecosistema lacustre è in continua lenta evoluzione da una situazione di oligotrofia (bassa produttività) ad una situazione di mesotrofia (media produttività) fino a raggiungere livelli di eutrofia (elevata produttività) sempre più accentuati, la composizione specifica del popolamento ittico tende a modificarsi, anche radicalmente.

tipo di lago:	Oligotrofo ⇨	Mesotrofo ⇨	Eutrofo (molto produttivo)
---------------	--------------	-------------	-------------------------------

	(poco produttivo)	(produttività media)	
popolamento ittico:	Salmonidi ⇨	Percidi, Centrarchidi ⇨	Ciprinidi

Infatti, il lago **oligotrofo** è caratterizzato dalla consistente presenza di **Salmonidi**, mentre lo stadio di **mesotrofia** comporta un passaggio alla dominanza di **Percidi** e **Centrarchidi**. Quello dei **Ciprinidi** è il gruppo dominante negli ambienti in condizioni di **eutrofia**.

Nel corso degli ultimi 50 anni gli ambienti lacustri sono stati sottoposti ad una rapida accelerazione di questo processo evolutivo naturale a causa di quel fenomeno di inquinamento chiamato eutrofizzazione antropica. Si è così potuto manifestare altrettanto rapidamente negli ambienti soggetti ad eutrofizzazione il passaggio da popolamenti con dominanza di Salmonidi a popolamenti con dominanza di Ciprinidi.

Attività di pesca

Da migliaia di anni l'uomo pesca, cioè raccoglie la **produzione ittica** dell'ambiente acquatico, per nutrirsene o farne commercio.

La **produzione ittica** è la quantità di pesce prodotta in un certo periodo di tempo per unità di superficie di un determinato ambiente e si misura in grammi per metro quadro per anno ($\text{g m}^{-2} \text{y}^{-1}$) o in chilogrammi per ettaro per anno ($\text{kg ha}^{-1} \text{y}^{-1}$).

Negli ambienti artificiali (stagni adibiti ad allevamento) dove i pesci adulti vengono tutti pescati alla fine del periodo di allevamento, il peso del raccolto tende a coincidere con la produzione dell'ambiente.

Negli ambienti naturali, invece, il raccolto, cioè il pescato, è soltanto quella parte di produzione ittica che viene catturata con l'attività di pesca. Per sapere la reale capacità produttiva di una lago bisognerebbe conoscere anche consistenza, accrescimento e mortalità della parte di popolazione non catturata. Questi parametri non possono essere misurati direttamente ma devono essere stimati, fatto, questo, che rende assai incerte le stime di produzione ittica degli ambienti naturali.

La produzione ittica di un ambiente acquatico è, ovviamente, dipendente dalla produttività dei primi anelli della sua catena alimentare, cioè dal suo stato trofico, che influenza anche la qualità del pescato:

tipo di lago:	Oligotrofo ⇨ (poco produttivo)	Mesotrofo ⇨ (produttività media)	Eutrofo (molto produttivo)
---------------	--	--	--------------------------------------

popolamento ittico:	 Salmonidi ⇨	 Percidi, Centrarchidi ⇨	 Ciprinidi
produzione ittica (kg ha ⁻¹ y ⁻¹)	3 - 30	30 - 60	più di 100
Valore commerciale:	elevato	buono	scarso

Per essere una attività compatibile con l'ambiente naturale e per assicurarsi la possibilità di continuare anno dopo anno il prelievo di pesce, la pesca deve essere adeguata alle caratteristiche di produttività dell'ambiente stesso.

Se questo non si verifica, la pesca può influenzare negativamente la produzione ittica :

direttamente:

- con lo sfruttamento eccessivo dell'ambiente (per es., a causa di tecniche di pesca più efficaci che in passato)
- con lo sfruttamento troppo selettivo dell'ambiente: lo sforzo di pesca si concentra su poche specie di elevato valore commerciale (ne può essere responsabile la pesca professionale) o su specie pregiate prelevate in grande quantità da ambienti poco produttivi (è spesso il caso della pesca ricreativa)

indirettamente:

- con l'uso di pratiche gestionali inadeguate per compensare il danno causato da eccessivo prelievo ittico (introduzione di specie alloctone o selezionate per l'allevamento (danno genetico), introduzione di specie incompatibili con le caratteristiche ambientali)

Pratiche di ripopolamento

Al fine di contrastare sia l'evoluzione naturale della composizione numerica della varie specie, sia la diminuzione determinata dall'attività di pesca che da mortalità da inquinamento è usuale gestire il popolamento ittico mediante pratiche di ripopolamento. Queste pratiche costituiscono tuttora un obbligo che la legge fa ai proprietari dei diritti di pesca ed a tutti coloro che si rendono responsabili

di fenomeni di inquinamento, quale titolo di riparazione per lo sfruttamento, nel primo caso, e per i danni arrecati, nel secondo. Al di là, tuttavia, di questi obblighi è opinione comune che questo tipo di pratiche possa migliorare la produzione ittica di un ambiente o, quantomeno, "rinfrescare il sangue" (presupposto scientifico tra i più infondati!). e che comunque male non possa fare.

Nella seconda metà del secolo scorso, a seguito di osservazioni scientifiche, che risultarono poi prive di fondamento, si era formata l'opinione comune che la fecondazione naturale fosse il momento più critico nella riproduzione dei pesci. Ben presto, tuttavia, si scoprì che ciò non era affatto vero e che la natalità naturale era del tutto adeguata alle esigenze delle diverse specie; anzi, gli individui nati nel loro ambiente naturale avevano moltissime probabilità in più di sopravvivere rispetto a quelli seminati dall'uomo.

Questa scorretta informazione scientifica, sostenuta anche dall'entusiasmo di produrre un consistente miglioramento dell'attività di pesca, ebbe tale diffusione che, negli anni a cavallo del secolo, divenne pratica comune realizzare in "Stabilimenti Ittiogenici" la fecondazione artificiale delle specie più pregiate ed utilizzate dalla pesca ed assegnare poi le uova fecondate alle "Società di Pesca" perché le immettessero a sostegno di un popolamento esistente, oppure realizzassero una introduzione di una specie nuova per l'ambiente.

Nei primi anni del novecento, soprattutto negli Stati Uniti d'America, ebbe luogo un radicale cambiamento di indirizzo. A partire dal 1920, per molte specie ittiche, vennero del tutto abbandonati i ripopolamenti, mentre per altre si sostituirono le immissioni di avannotti appena schiusi con pesci di taglia maggiore.

In prima analisi si deve ritenere che la quantità di uova prodotte da ogni specie ittica sia tale da consentire il mantenimento della popolazione. Questa osservazione diviene certezza per quelle specie ad elevata fecondità. Così la verifica di un calo numerico della popolazione non dovrà indirizzare subito verso provvedimenti di immissione di novellame, bensì verso la preventiva identificazione delle cause. Sarebbe assurdo, infatti, immettere altro novellame quando la causa del declino della popolazione fosse, ad esempio, una inadeguatezza alimentare dell'ambiente, oppure un eccesso di predazione. Più efficace sarebbe una azione di controllo delle specie predatrici e competitive, la difesa ed il ripristino di condizioni ottimali nelle aree di frega, una severa regolamentazione dell'attività di pesca e la lotta contro i molteplici aspetti dell'inquinamento.

Introduzione intenzionale di nuove specie

Molte specie tra quelle attualmente presenti negli ambienti lacustri italiani sono il risultato di introduzioni intenzionali, realizzate, soprattutto per ragioni economiche, tra la fine del secolo scorso e l'inizio dell'attuale. Tra le specie che più delle altre hanno avuto successo, inserendosi diffusamente nel quadro della composizione specifica dei nostri ambienti lacustri, è opportuno ricordare il coregone (*Coregonus* sp.) ed il persico trota (*Micropterus salmoides*).

Quella del coregone deve senza dubbio essere ricordata quale introduzione estremamente determinata e voluta per l'elevato valore commerciale di questa specie e per la buona adattabilità alle caratteristiche ambientali soprattutto dei nostri grandi laghi pedemontani.

Il coregone "Lavarello" o coregone bianco fu introdotto nel Maggiore e nel Como a partire dal 1861 da F. De Filippi. Il tentativo di introduzione fu realizzato con avannotti di "Blaufelchen" (*Coregonus wartmanni coeruleus* Fat.) provenienti dal Lago di Costanza. Questo salmonide della

sottofamiglia coregoninae, comunemente presente in molti ambienti lacustri di grandi e medie dimensioni dell'areale centrale e settentrionale dell'Europa, non era originariamente presente nei laghi situati a sud delle Alpi. Questo primo tentativo fu totalmente negativo per il Lago di Como, mentre per il Lago Maggiore la cattura di un unico individuo di 23 cm di lunghezza fu realizzata nelle acque antistanti Locarno il giorno 11 Aprile 1881 a testimonianza di un seppur modesto successo dell'introduzione. A partire dal 1885, ad opera di Pietro Pavesi furono nuovamente immessi nel Lago di Como avannotti di "Blaufelchen" e di "Weissfelchen" (*Coregonus schinzii helveticus* Fat.). Nel Lago Maggiore l'acclimatazione di questa specie ebbe inizio nel 1891 e continuò negli anni successivi. Il coregone "Lavarello" presente nel Lago Maggiore potrebbe essere dunque una forma ibrida tra le due immesse come dimostrerebbe il numero medio delle branchiospine, unico carattere morfologico ritenuto valido nella classificazione dei coregonini (Berg e Grimaldi 1965).

Tra il 1894 ed il 1897 il coregone fu introdotto nel Lago di Lugano, nel Lago d'Iseo e, nel centro Italia, nei laghi di Bolsena, Bracciano, Albano e Martignano, utilizzando materiale proveniente dal Como. Nel Lago di Garda l'introduzione del coregone ebbe luogo nel 1918.

Tra il 1920 ed il 1930 la diffusione di questa specie ebbe luogo in numerosi altri piccoli ambienti dell'Italia centrale: laghi di Vico e di Nemi, Lago di Scanno a 900 m di quota. Successivamente le introduzioni ebbero luogo anche in alcuni invasi artificiali (Lago di Resia, Bolzano), nel Lago di Campotosto (L'Aquila), nel Lago di Cecita (Sila Grande, 1400 m s.l.m.).

Le introduzioni sino qui descritte sono attribuibili, anche se si può essere certi, alla forma lavarello.

A partire dal 1950 un altro coregone è stato oggetto di introduzione nelle acque dei laghi italiani. In quell'anno, infatti, il Dipartimento di Caccia e Pesca del Canton Ticino decise di comune accordo con le Autorità Italiane, per ragioni di maggior commerciabilità, l'introduzione di un coregone di taglia inferiore a quella del "Lavarello". Fu così eseguita nelle acque del Lago Maggiore e del Lago di Lugano l'introduzione del coregone "Bondella" (*Coregonus macrophthalmus* Nusslin) del Lago di Neuchâtel. Tale introduzione, che non ebbe risultato positivo nel Lago di Lugano, riuscì felicemente nel Lago Maggiore. In questo lago, infatti, a partire dal 1957 cominciarono ad essere catturati alcuni esemplari e dal 1962 le catture assunsero quantità commerciali.

Questo secondo coregone (comunemente chiamato "bondella"), che tra le due forme presenti attualmente nel Lago Maggiore costituisce quella numericamente più importante, non ha tuttavia eliminato per competizione la prima, né con essa si è ibridata. Le due forme hanno però perso le caratteristiche sistematiche delle popolazioni di provenienza; per questa ragione vengono entrambe indicate come *Coregonus* sp., pur essendo due popolazioni distinte che vivono "simpatricamente" nel Lago Maggiore. L'unica differenza morfologica macroscopica che le distingue è la taglia (50 cm per il Lavarello e poco più di 30 cm per la Bondella, come taglia massima). In caso di dubbio si deve ricorrere al numero medio delle branchiospine per discriminare tra le due forme. Permangono differenze notevoli per quanto riguarda le abitudini riproduttive, essendo legata la prima (Lavarello) ai bassi fondali sabbiosi delle foci dei fiumi immissari della porzione settentrionale del lago, la seconda alle profondità (30-40 m) della zona sublitorale lacustre. Anche il periodo riproduttivo è diverso: il Lavarello riproduce ai primi di Dicembre, la Bondella verso la metà di Gennaio.

Patologia del lago

Un lago, o più in generale, un corpo d'acqua può assumere caratteristiche peggiori rispetto al passato (o "ammalarsi", in analogia a quanto può accadere ad un organismo) per:

- l'introduzione in esso di sostanze contaminanti → inquinamento
- una gestione errata del lago stesso o del suo bacino imbrifero che altera il patrimonio idrico per → apporto di minerali sospesi (*Acque di erosione*: veicolano grandi quantità di materiali minerali, soluti e in sospensione. Come sappiamo l'erosione è fenomeno normale in ogni sistema idrografico, può però assumere aspetti e conseguenze disastrose quando venga modificata la struttura di equilibrio che il mantello vegetale oppone al ruscellamento delle acque meteoriche (disboscamento, trasformazione irrazionale di terreni incolti a coltivazione, ecc.), rimozione delle acque (Lago d'Aral), fluttuazione dei livelli (lago d'Idro)

L'inquinamento delle acque è dovuto all'introduzione in un lago o in un fiume di una qualche sostanza estranea e dannosa che provoca uno scadimento qualitativo delle acque e le rende meno adatte ad un determinato uso. L'inquinamento, quindi, deve essere valutato anche in funzione dell'uso prevalente di un'acqua. Ad esempio, un'acqua che si può considerare non inquinata agli effetti della sopravvivenza dei pesci deve invece essere ritenuta tale se è destinata a rifornire un acquedotto. Al contrario, un'acqua potabilizzata per clorazione è utilizzabile a scopo alimentare ma diventa inadatta alla vita di molti organismi acquatici. Ci sono casi di acque non influenzate dall'uomo e che sono, tuttavia, inadatte alle attività umane (alimentazione, agricoltura, ecc.) e ad ospitare un popolamento acquatico normale come se fossero inquinate. Gli esempi sono offerti dai laghi acidi per la presenza di sostanze umiche derivanti dalla demolizione del materiale vegetale, dai laghi basici per fenomeni di vulcanesimo secondario, dai laghi naturalmente ipersalini. L'inquinamento può essere dovuto all'introduzione di:

1. sostanze eutrofizzanti (naturali o industriali)
2. sostanze tossiche (inquinamento acuto e cronico)
3. sostanze acidificanti (acque meteoriche o scarichi industriali)

1.

Le sostanze organiche o inorganiche eutrofizzanti sono quelle che, apportando azoto (N) e fosforo (P) alle acque, le fertilizzano provocando un'ipernutrizione del lago. Questa provoca uno sviluppo eccessivo dei vegetali e, in definitiva, una eccessiva produzione di sostanza organica. Nell'opera di demolizione di tutta questa sostanza organica i batteri arrivano a consumare tutto l'ossigeno disponibile e la fisiologia normale del corpo idrico viene alterata.

Le sostanze eutrofizzanti naturali sono trasportate dalle *acque di scarico domestiche*, ricche in sostanze organiche, solute o sospese, per lo più facilmente demolibili. I batteri frammentano le molecole organiche liberando l'azoto ed il fosforo in esse contenuti. N e P possono così essere usati dalle alghe per la loro crescita. Alle sostanze organiche di origine umana si aggiungono altre sostanze industriali utilizzate nel governo della casa, quali ad esempio i detersivi. Da alcune attività industriali (lavorazione del legno e suoi derivati, alcune industrie tessili) provengono poi *acque con in sospensione detrito organico a lenta demolizione* mentre *acque contenenti sostanze*

organiche facilmente demolibili sono costituite soprattutto dagli effluenti dell'industria alimentare (allevamenti, mattatoi, caseifici, salumifici, zuccherifici, birrerie). Infine le ***acque di dilavamento di terreni agricoli*** trasportano nei laghi i fertilizzanti lì utilizzati.

Nel corso della sua vita un lago può evolvere spontaneamente, senza l'influenza dell'uomo, verso una condizione di eutrofia. L'evoluzione trofica di un lago provoca nella sua zona litorale e in quella profonda, modificazioni chimiche che influenzano i popolamenti vegetali e animali che lo abitano.