



Manuale di formazione
delle Guardie Giuridiche
Ittiche Volontarie

Progetto editoriale
a cura di ARSIAL
Agenzia Regionale per
lo Sviluppo e l'Innovazione
dell'Agricoltura del Lazio

Area Sviluppo Territoriale
e Rurale, Osservatorio
Faunistico Regionale

Presidente
Antonio Rosati

Direttore Generale
Maurizio Salvi

Gruppo di lavoro Area
Sviluppo Territoriale e Rurale,
Osservatorio faunistico
regionale:

Dina Maini
Paolo Tito Colombari
Alessandra Argiolas
Silvano Colonna
Fabrizio Passavanti
Alessandro Tuzzi

Testi e elaborazione
editoriale
Alba Pietromarchi,
Paolo Tito Colombari

Foto e disegni
Alba Pietromarchi,
Paolo Tito Colombari,

Stefano Sarrocco, Anna Rita
Taddei, Archivio Storico
Stabilimento Ittiogenico.

Progetto grafico
ed impaginazione
Fabio Cremonesi

Citazione bibliografica
AA.VV. "Manuale
di formazione delle Guardie
Giurate Ittiche Volontarie",
a cura di Arsiat – Area
Sviluppo Territoriale e Rurale,
Osservatorio Faunistico
Regionale, Roma 2020.

© 2020 ARSIAL Proprietà
letteraria riservata.

Distribuzione gratuita,
vietata la vendita.
La riproduzione non
autorizzata con qualsiasi
mezzo di duplicazione
tutelate dal diritto
di autore è vietata

Contatti:
Paolo Tito Colombari
Tel: 06 86273610
Fabrizio Passavanti
Tel: 06 86273458

Via R. Lanciani, 38 00162
Roma
www.arsial.it
Mail: guardiattica@arsial.it

L'Ecologia degli ambienti acquatici

Sezione I

L'acqua come ambiente di vita: cenni di Ecologia 5

Definizioni 5

Livelli di studio dell'ecologia 5

Struttura di un ecosistema 11

Ecosistema = Biotopo+Biocenosi 11

Specie 13

Flussi di materia e di energia 15

Flusso di energia negli ecosistemi 15

La Catena trofica 17

La Piramide alimentare 21

Scala di indagine 23

Ecosistemi e Biodiversità 23

I tre livelli della biodiversità 25

Biodiversità genetica 25

Biodiversità di specie e ecosistemica 27

Biodiversità ed evoluzione 27

Selezione naturale 29

Conservare la biodiversità 31

Le cause della perdita di biodiversità 31

Ecosistemi d'acqua dolce 35

Classificazione 37

Ecosistemi lentic (delle acque ferme): struttura e funzioni 37

Zonizzazione 37

Catena alimentare e piramide ecologica 39

Classificazione dei laghi e fattori caratterizzanti 41

Evoluzione di un lago 55

Termica dei laghi 57

Ecosistemi lotici (delle acque correnti): struttura e funzioni 61

Il Continuum fluviale 61

Diversità ambientale > diversità biologica

> capacità autodepurante 65

I 4 sistemi di depurazione biologica 65

Imitando la natura: depuratori e fitodepurazione 69

Tutelare per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici 73

Rafforzare la resilienza al cambiamento climatico 75

Il valore della diversità ambientale 75

Metodi di valutazione della capacità ambientale (IBE, IFF) 81

IBE 81

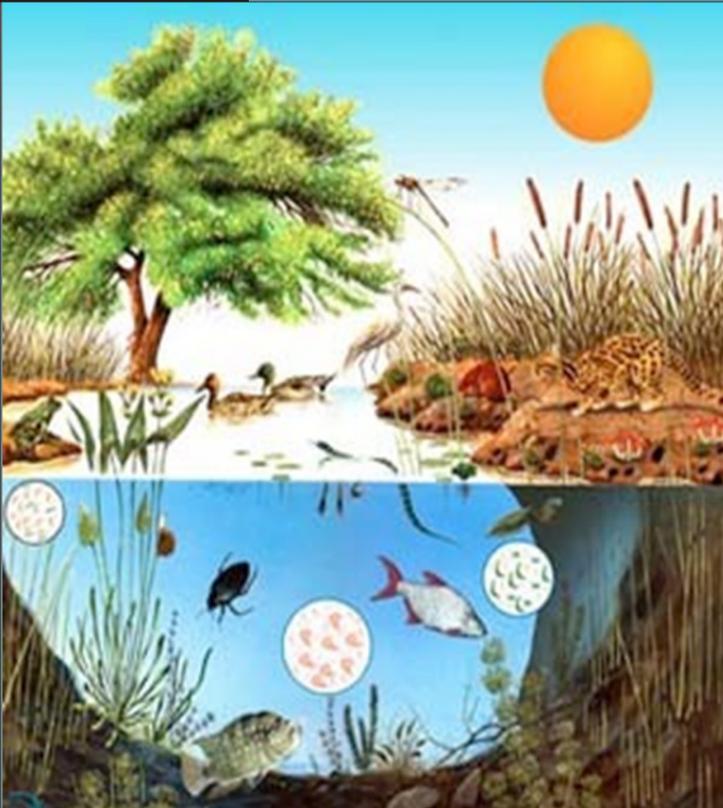
IFF 83

Zonazione ecologica: classificazione e stato 85

Zonazione ecologica dei corsi d'acqua 87

Zonizzazione ittica 91

Ecosistema fluviale



Ecosistema lacustre



L'Ecologia degli ambienti acquatici

Sezione I

L'ACQUA COME AMBIENTE DI VITA: CENNI DI ECOLOGIA

DEFINIZIONI

Dal greco οικία = casa e λογος = studio

"Scienza che studia l'insieme dei fattori ecologici (clima, luce, suolo, etc) che regolano la vita di una certa specie o comunità biotica. Ovvero, tutta quell'intricata serie di rapporti ai quali Darwin si è riferito parlando di condizioni della lotta per l'esistenza". (Haeckel, 1866)

In termini generali, si occupa dell'interazione tra gli organismi e il loro ambiente nel più ampio senso possibile.

Altre definizioni di Ecologia:

Haeckel, 1869: "studio delle relazioni tra gli organismi e l'ambiente".

Elton, 1927: "studio scientifico della storia naturale".

Odun, 1963: "studio della struttura e della funzione".

Andrewarta, 1961: "studio scientifico della distribuzione e dell'abbondanza degli organismi".

Krebs, 1985: "studio scientifico delle relazioni".

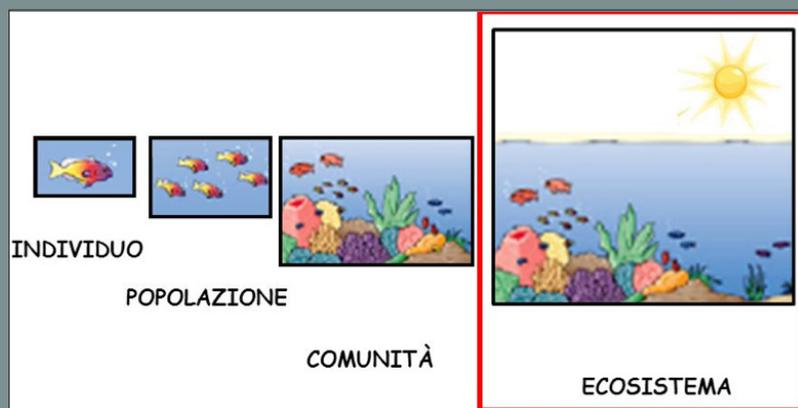
LIVELLI DI STUDIO DELL'ECOLOGIA

Biosfera: l'insieme delle zone della Terra in cui le condizioni ambientali permettono lo sviluppo della vita.

Bioma: ampia porzione di biosfera, individuata e classificata in base al tipo di vegetazione dominante, se terrestre, o alla fauna prevalente, se acquatica.

Biocenosi: in ecologia, complesso di popolazioni animali e vegetali che vivono e interagiscono fra loro in uno stesso ambiente, o biotopo, con il quale formano un ecosistema.

Biotopo: spazio fisico in cui vive una biocenosi (una determinata specie animale o vegetale).



Ecosistema (o "Unità Ecologica"): è un insieme sistemico di organismi viventi (animali e vegetali) che interagiscono tra loro e con l'ambiente che li circonda (biocenosi + biotopo). Ogni ecosistema è costituito da una o più **comunità** di organismi viventi (biotici) e da elementi non viventi (abiotici) che interagiscono tra loro; **una comunità è a sua volta l'insieme di più popolazioni** costituite ognuna da organismi della stessa specie.

Popolazione: insieme di **individui** della stessa specie, tra i quali è quindi possibile lo scambio di informazioni genetiche, che occupano un determinato territorio. Condividono certe proprietà biologiche, le quali producono un'alta coesione riproduttiva ed ecologica del gruppo.

Specie: si indica l'insieme di esseri viventi con caratteristiche simili in grado di accoppiarsi e generare prole feconda (interfecondità, affinità morfologica e affinità ecologica).

L'insieme delle popolazioni, cioè la **comunità**, interagisce dunque con la componente abiotica formando l'ecosistema, nel quale si vengono a creare delle interazioni reciproche in un equilibrio dinamico controllato da uno o più meccanismi fisico-chimici di retroazione (detti anche "feedback").

Una delle caratteristiche della popolazione è la **densità** definita come la dimensione di una popolazione in riferimento ad una definita unità spaziale ossia, in altre parole, è il numero di individui o la biomassa di una popolazione per unità di superficie o volume.

Il ruolo ecologico delle biocenosi presenti nell'ecosistema è rappresentato, oltre che dalle catene alimentari (approfondite in seguito), attraverso le **Piramidi Ecologiche** per meglio quantificare il flusso di energia e di materia.

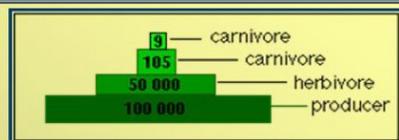
Le piramidi ecologiche vengono rappresentate con dei rettangoli orizzontali di lunghezza variabile dal basso verso l'alto, disposti uno sopra all'altro, rappresentanti un flusso di energia decrescente.

1 Piramidi dei numeri: ogni rettangolo rappresenta il numero di individui di tutte le specie.

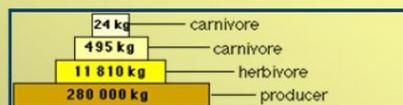
2 Piramidi di biomassa: ogni rettangolo rappresenta la biomassa, cioè la massa secca di tutti gli individui dello stesso livello trofico. La rappresentazione grafica ha di solito un andamento a piramide poiché passando da un livello all'altro si ha una diminuzione del numero di organismi e quindi della biomassa.

3 Piramidi di energia: gli esseri viventi di ciascun livello utilizzano energia contenuta nella materia per mantenere le funzioni vitali (respirazione, digestione, movimento, ecc); nel corso di queste attività, una parte dell'energia viene trasformata in calore che si disperde nell'ambiente.

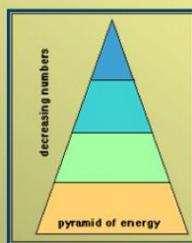
1 Numeri: mostra il numero totale di organismi ad ogni livello



2 Biomassa: mostra l'ammontare di biomassa espressa in peso secco.

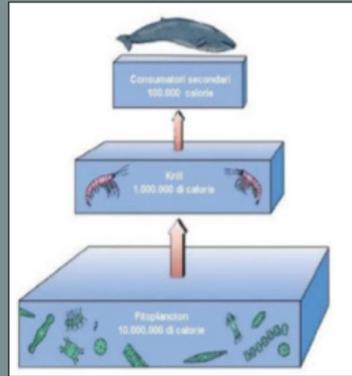


3 Energia: mostra il numero totale di energia presente ad ogni livello; 90% perso ad ogni livello.



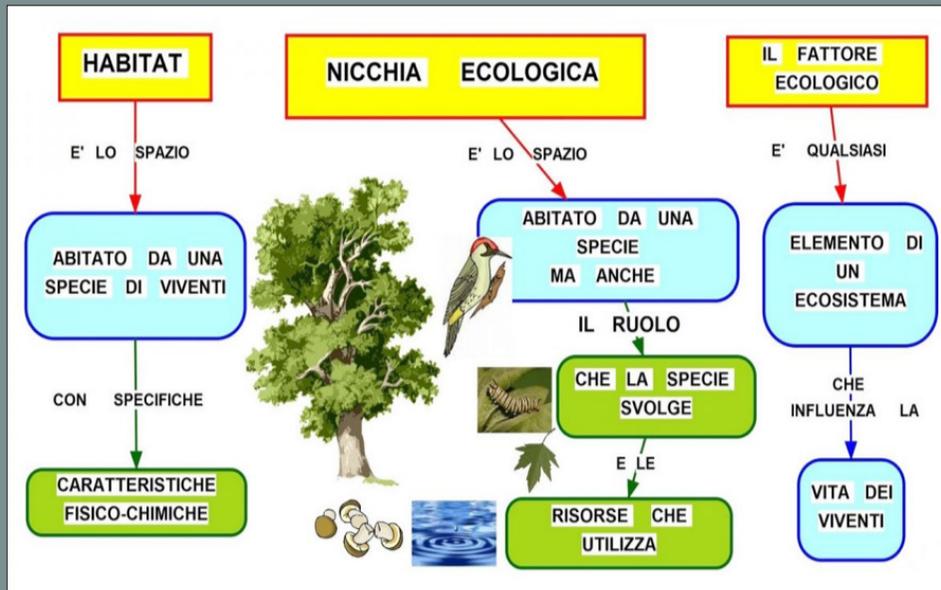


1



2

3



1 Dispersione delle popolazioni: ad ogni passaggio solo il 10% circa dell'energia (cibo) contenuta a un livello passa a quello successivo.

Questa regolarità nella riduzione della quantità di energia-cibo da un livello trofico a un altro viene definita **legge del decimo**. Ciò significa che è raro trovare catene alimentari con più di cinque livelli trofici. Ad esempio la balena si nutre di gamberetti, noti come krill, i quali si nutrono di fitoplancton. Non mangiando pesci, ma gamberetti, la balena salta un anello della catena alimentare, e si assicura una biomassa 10 volte maggiore.

3 Habitat: l'ambiente naturale in cui l'organismo normalmente vive; l'habitat è quindi la somma dei biòtopi in cui un organismo può vivere in quanto possiede tutti i requisiti necessari alla vita dello stesso.

Nicchia ecologica: In un dato habitat ogni specie occupa una sua nicchia ecologica, che non è semplicemente un luogo ma un modo di vita, un ruolo, e comprende tutte le condizioni fisiche, chimiche, ecologiche e biologiche di cui la specie necessita per vivere e riprodursi (come ad es. luce, temperatura, salinità, pressione, ossigeno, sali minerali, o habitat, nicchia, predatori, cibo, competizione, etc).

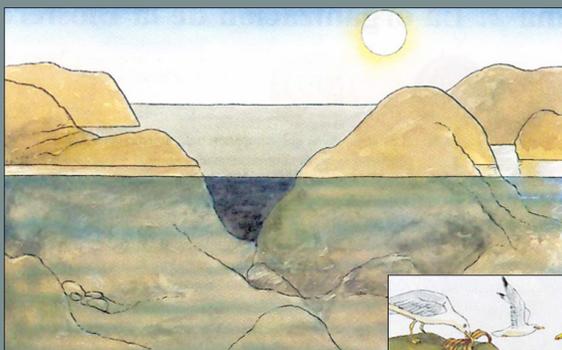
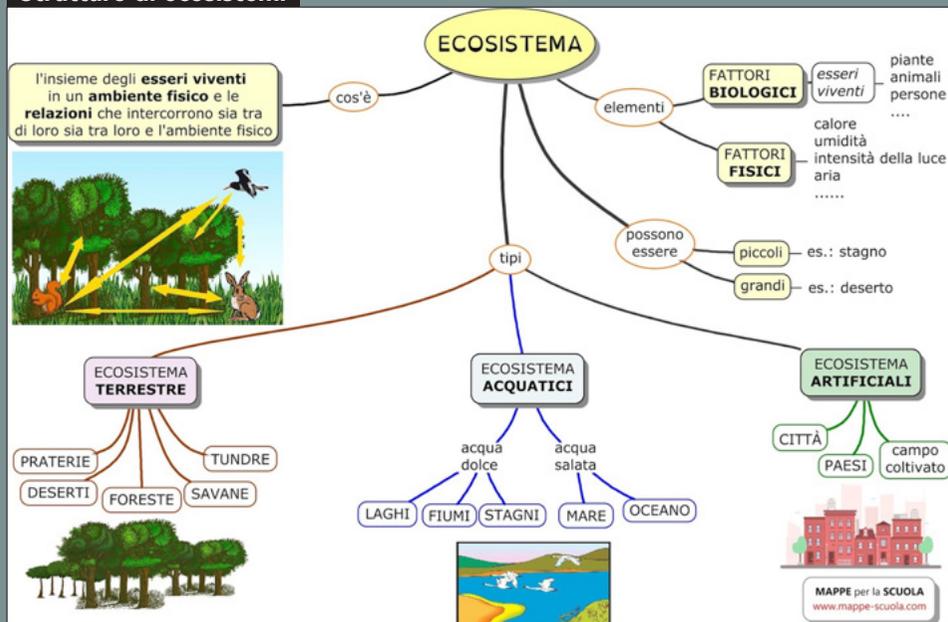
Le specie, in genere, occupano nicchie tanto più diverse quanto più diverse sono le loro abitudini alimentari, così da venir meno l'importante fattore di competizione.

Vi sono specie chiamate specialiste e altre generaliste.

Le specialiste hanno nicchie limitate, possono vivere in un solo tipo di habitat, si nutrono di un solo tipo di cibo e sono molto sensibili alle variazioni dei fattori ambientali e climatici: come il panda gigante della Cina e il koala australiano, che si alimentano esclusivamente di piante di bambù ed eucalipto rispettivamente.

I generalisti sono gli organismi che hanno nicchie ampie e grande capacità di adattamento. Sono specie generaliste le mosche, gli scarafaggi, i ratti, gli esseri umani.

Strutture di ecosistemi



Biotopo



Biocenosi

STRUTTURA DI UN ECOSISTEMA

Ogni ecosistema è costituito da una o più **comunità** di organismi viventi (biotici) e da elementi non viventi (abiotici) che interagiscono tra loro; una comunità è a sua volta l'insieme di più **popolazioni** costituite ognuna da organismi della stessa specie.



1. **I componenti abiotici:** i fattori abiotici sono i componenti di un ecosistema che non hanno vita (dal greco bios, cioè vita, con il prefisso a-, senza). Si tratta quindi dell'ambiente circostante (tranne animali e piante): luce, terra (suolo e sottosuolo), rocce, acqua, aria, l'insieme dei fattori climatici etc.

2. **I componenti biotici:** i fattori biotici, detti anche fattori biologici, sono quelli viventi. La parola deriva dal greco "bios", cioè vita. Gli animali e le piante costituiscono le componenti biotiche dell'ecosistema.

ECOSISTEMA = BIOTOPO+BIOCENOSI

Biotopo: è il luogo ove vive una biocenosi (eg. uno stagno, una torbiera).

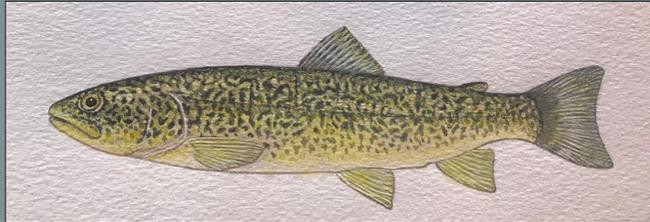
Biocenosi: insieme di popolazioni di specie diversa che vivono in uno stesso ambiente naturale (es. una comunità, le popolazioni) e fra le quali si vengono a creare dei rapporti di interrelazione e interdipendenza. = **Comunità**.

La biocenosi è dunque l'unità biotica fondamentale dell'ecosistema.

Se consideriamo che tutti i biomi terrestri (come ad esempio foresta temperata, prateria, deserto e foresta tropicale), con tutti gli organismi che li abitano e l'ambiente nel quale vivono compongono la biosfera, potremmo considerare la biosfera come un'unica grande biocenosi.

1 **La Biocenosi** è l'unità biotica fondamentale dell'ecosistema che vive in un determinato "biotopo".

1



Trota marmorata (*Salmo marmoratus*)



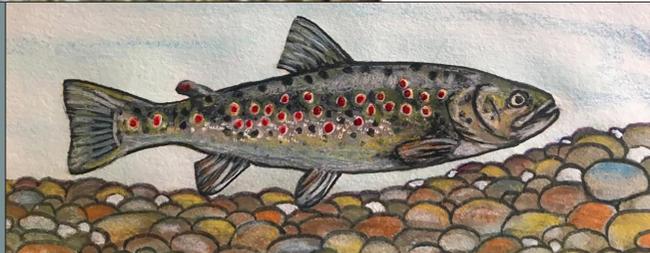
Dati del III Rapporto ex Art. 17 (2013)

Trota appenninica (*S. ghigii*)



Dati del III Rapporto ex Art. 17 (2013)

2



Trota di torrente o fario (*S. trutta*)

SPECIE

La specie, secondo la definizione di Dobzhansky e Mayr, è rappresentata da quegli **individui che incrociandosi tra loro generano potenzialmente una prole illimitatamente feconda**. Quindi l'asino e la cavalla generano il mulo, che è sterile. In ogni caso, bisogna considerare quanto affermato da Ernst Mayr, secondo il quale le specie animali "non si incrociano in condizioni naturali", non escludendo dunque la possibilità che possano farlo, e con esiti positivi, in condizioni artificiali/particolari (es.: in cattività, ma non solo).

Nel caso di organismi a riproduzione asessuata è definita da criteri morfofisiologici.

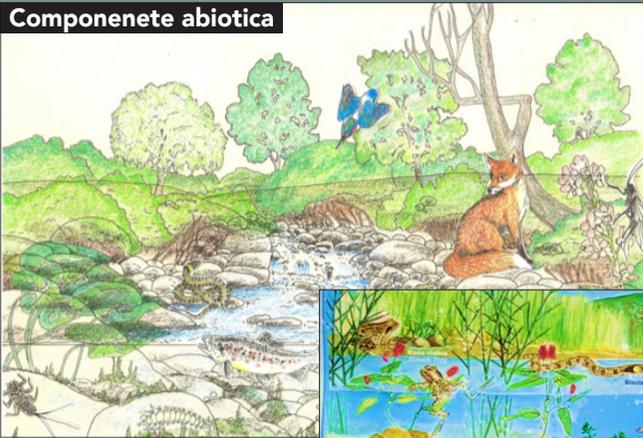
Più specie affini tra loro costituiscono **un genere** (ad es. **genere Salmo**).

Il genere *Salmo* riunisce endemiti come *S. marmoratus*, specie autoctona del distretto padano-veneto (non è specie esclusiva italiana ma oltrepassa l'arco alpino), *S. carpio*, Carpione del Garda, *Salmo cettii*, Trota mediterranea, *S. ghigii*, Trota appenninica o adriatica e *S. fibrenii*, quest'ultima autoctona nel Lazio.

A fronte delle immissioni (ripopolamenti/semine ora vietati) di trote di torrente, di origine atlantica (aliene), le trote autoctone dei corsi della regione Lazio sono soggette a estinzione. L'ibridazione con la trota di torrente *Salmo trutta* (aliena) rappresenta una delle principali minacce per la specie.

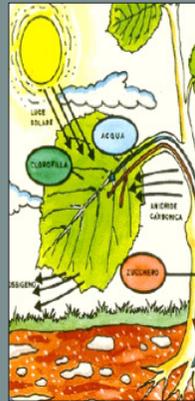
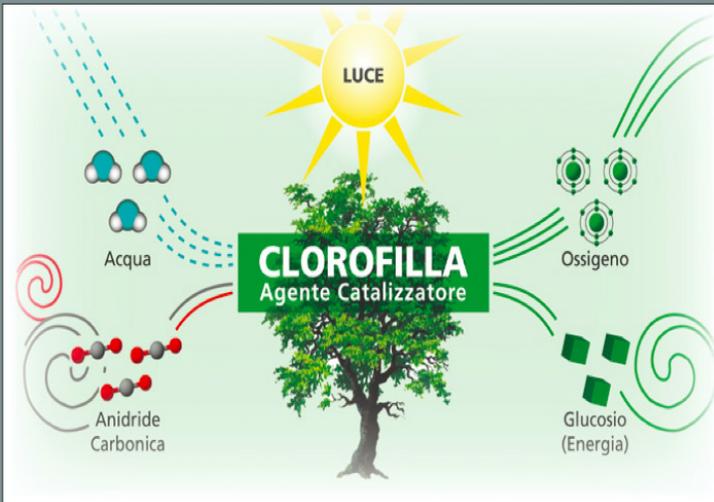
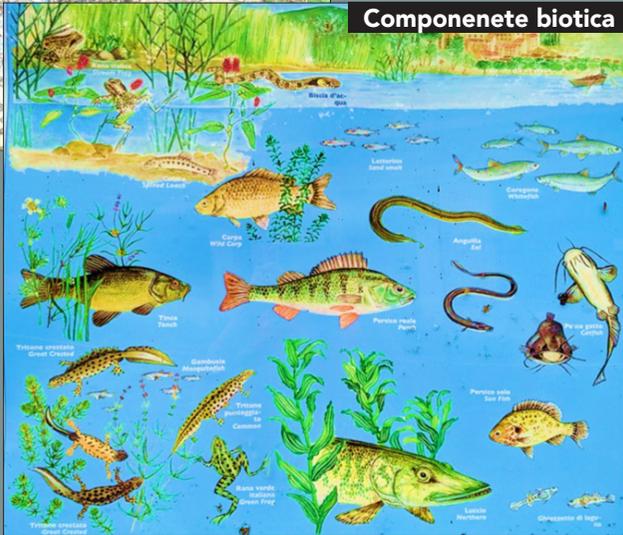
Nella Regione Lazio le Trote quali specie riferibili a *S. cettii* e *S. ghigii*, a carattere residuale di specie che avevano ampie distribuzioni, si trovano in aree lungo il fiume Fibreno, da cui si origina il lago Posta Fibreno (FR) e lungo il torrente Simbrivio nell'alto corso (Valle dell'Aniene), e in alcuni corsi d'acqua come Rio S. Croce vicino Minturno (LT).

Componente abiotica



1

Componente biotica



2

FLUSSI DI MATERIA E DI ENERGIA

Gli ecosistemi presentano 4 caratteristiche comuni:

- sono sempre formati da una componente abiotica e da una componente biotica;
- sono strutture interconnesse con altri ecosistemi;
- tendono a raggiungere e a mantenere nel tempo un equilibrio dinamico/stabilità evolvente;
- sono *sistemi aperti* con strutture e funzioni caratteristiche e specifiche, determinate da:
 - **flusso di energia;**
 - circolazione di materia ed energia (chimica, calorica e meccanica) tra componente **biotica e abiotica.**

Tutti gli organismi acquatici, infatti, sono influenzati dall'ambiente che li ospita di cui, a loro volta, modificano continuamente le caratteristiche fisiche e chimiche.

FLUSSO DI ENERGIA NEGLI ECOSISTEMI

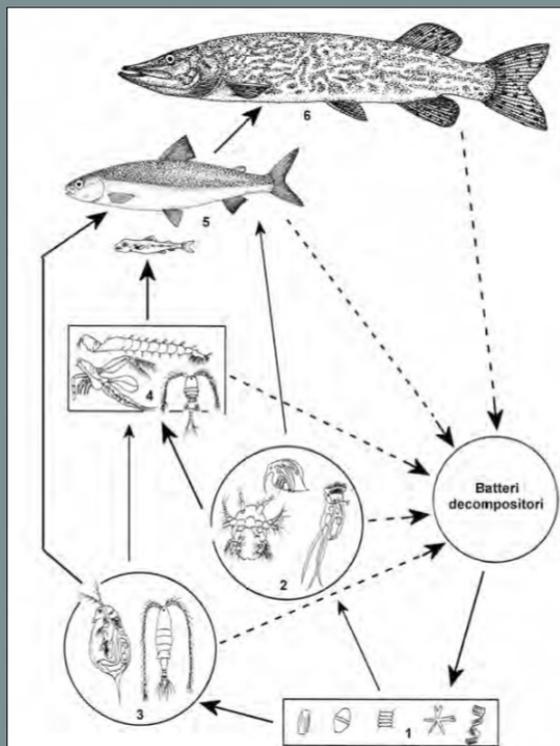
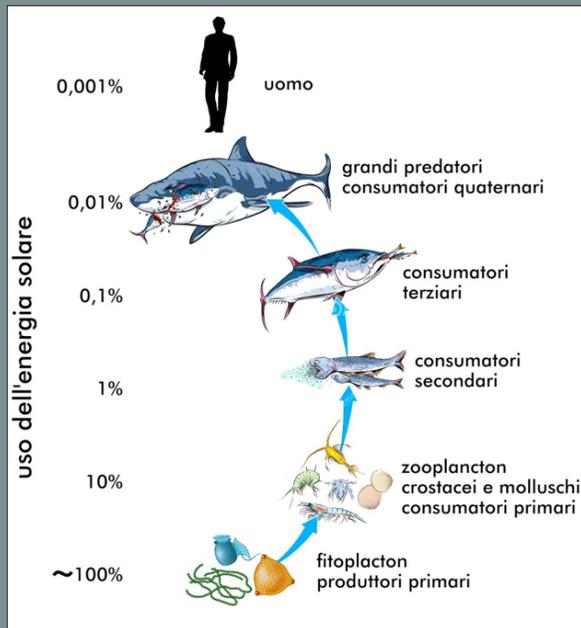
Il **Sole** è il motore che muove la terra!!!

L'**energia solare** mette in moto il ciclo dell'acqua, i venti e le correnti marine e passa attraverso tutti gli esseri viventi mediante il processo della fotosintesi.



2 Le piante

assorbono l'energia del sole, le sostanze nutritive del terreno, i gas dell'aria e l'acqua e li trasformano in materia vivente vegetale.



2 Esempio di rete alimentare semplificata di un ambiente pelagico:

1. alghe;
2. zooplancton erbivoro minore di un millimetro;
3. zooplancton erbivoro maggiore di un millimetro;
4. zooplancton carnivoro;
5. pesci planctofagi e giovanili di tutte le specie;
6. pesci carnivori.

Il diverso spessore delle frecce indica l'efficacia dei passaggi da un livello trofico all'altro.

L'energia (sole) fluisce attraverso l'ecosistema **tramite una serie di passaggi (predatore preda)** definiti catena alimentare **1**. Le relazioni alimentari all'interno della catena rappresentano i diversi **livelli trofici**.

LA CATENA TROFICA

Una rete alimentare (o rete trofica) è la **rete dei flussi di materia ed energia** tra i componenti di un ecosistema.

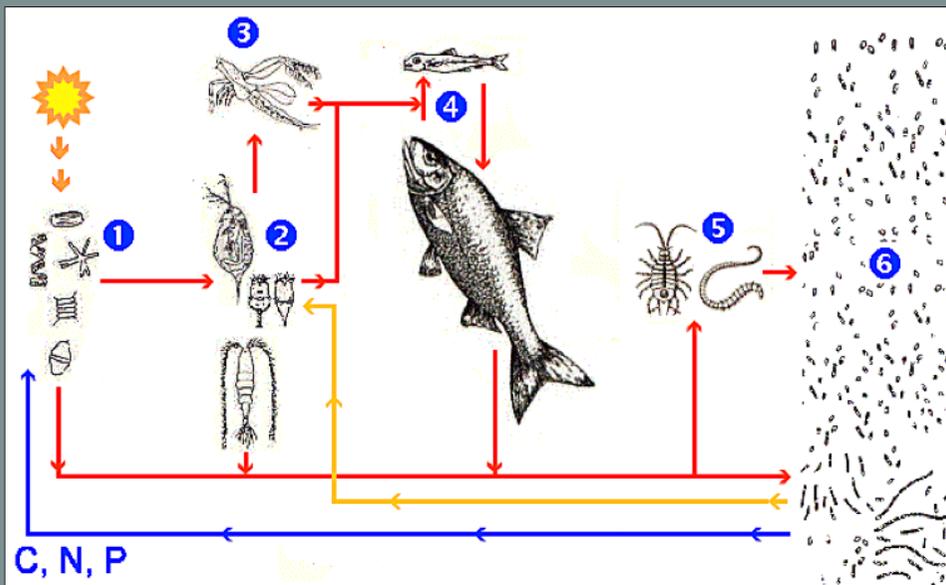
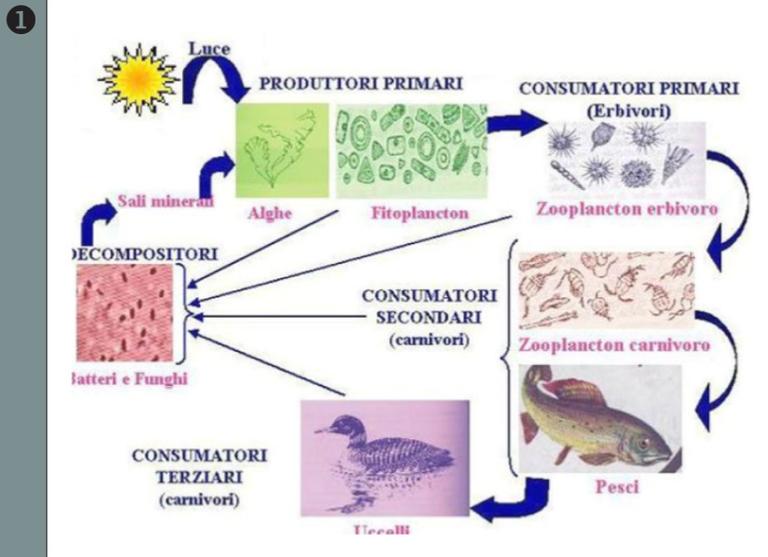
In parole più semplici, indica "chi mangia chi" all'interno di un ecosistema.

La definizione di catena alimentare è in realtà una semplificazione. Nelle comunità naturali, infatti, le catene alimentari si intersecano in modo complesso e formano, globalmente, una "rete alimentare". Una preda può essere cacciata da differenti predatori e le abitudini alimentari di quest'ultimi comportano spesso la cattura di prede appartenenti a differenti livelli trofici. Il regime alimentare cambia con l'età degli animali: un pesce, infatti, si alimenta di plancton nei primi mesi di vita, adottando poi progressivamente un regime alimentare più vario che comporta l'assunzione di vegetali o animali secondo le caratteristiche della specie (Gelosi e Colombari, 2004).

I **produttori** (alghe) producono sostanza organica, gli erbivori (o consumatori primari) si nutrono dei vegetali (alghe), i carnivori (o consumatori secondari, zooplancton, pesci) si cibano di questi animali, i batteri **decompositori** decompongono il detrito organico nei suoi costituenti inorganici (carbonio, azoto, fosforo, ecc.) che i produttori riutilizzano per produrre nuova sostanza organica.

Nota bibliografica

Gelosi E, Colombari P.T., 2004. *Manuale della Pesca. Ambiente, Fauna, Pesca, Attrezzi, Leggi delle acque del Lazio. Regione Lazio, Assessorato all'Agricoltura e ARSIAL - Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio: 466 pp.*



Altra rappresentazione del flusso di energia negli ecosistemi

1 Flusso di energia negli ecosistemi.

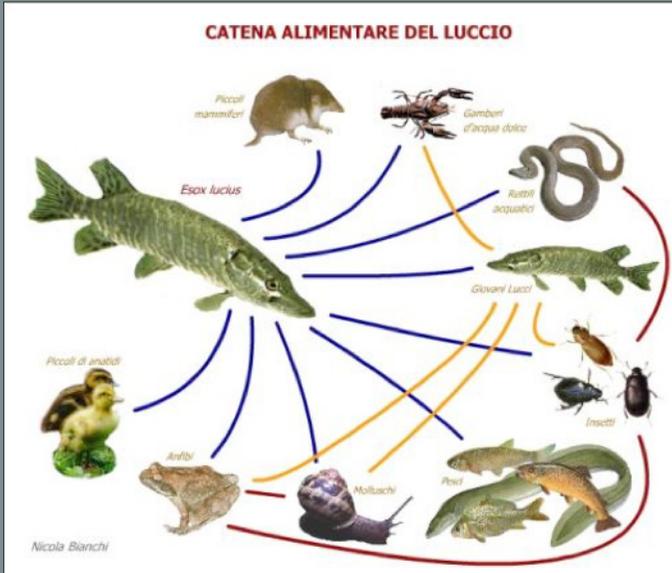
I **macroinvertebrati bentonici** (come specie di Insetti, Crostacei, Molluschi, Irudinei, Tricliadi, Oligocheti, o altri come Nemertini, Nematomorfi) occupano tutti i livelli dei consumatori nella struttura trofica in acque correnti, ove sono contemporaneamente presenti organismi erbivori, carnivori e detritivori, che adottano una vasta gamma di meccanismi di nutrizione in modo da sfruttare al massimo le risorse alimentari disponibili.

2 **linea rossa** = 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 è utilizzato dai **decompositori (6)** (i batteri) che lo riciclano essendo essi stessi cibo per il plancton più piccolo (linea arancione) o lo mineralizzano rendendo di nuovo disponibili i composti inorganici (**linea blu**).

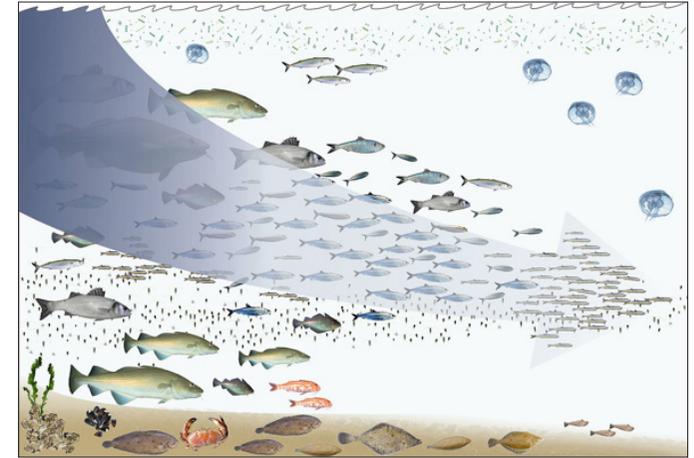
L'**importanza degli organismi macrobentonici** è legata essenzialmente al ruolo che svolgono nella rete trofica: attivano/velocizzano il riciclo della materia, attraverso la riduzione del detrito organico grossolano in detrito fine, per ristabilire lo stato di efficienza metabolica del corpo idrico. E più la popolazione macrobentonica è ben strutturata, ben diversificata, con la capacità di assumere una più ampia gamma di apporti alimentari, più garantisce una migliore efficienza metabolica rendendo il potere autodepurante del corpo idrico più elevato.

L'analisi delle comunità di macroinvertebrati è un efficiente strumento di indagine sulla qualità dei corsi d'acqua mediante l'utilizzo di opportuni indici, quali ad esempio l'Indice Biotico Esteso (Ghetti, 1995). Inoltre, tali organismi rappresentano uno dei principali alimenti di molti vertebrati (Pesci, Anfibi, Rettili, Uccelli), per cui lo stato di salute dell'intera rete trofica dell'ambiente acquatico non può certo prescindere dalla stabilità e dalla attesa variabilità della comunità dei macroinvertebrati.



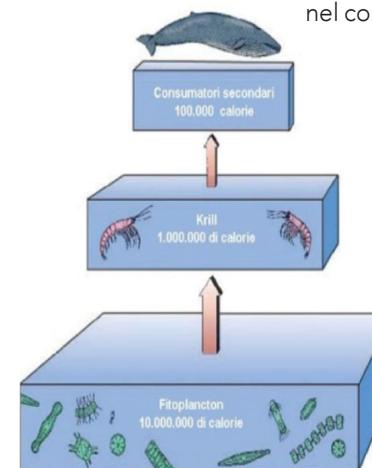
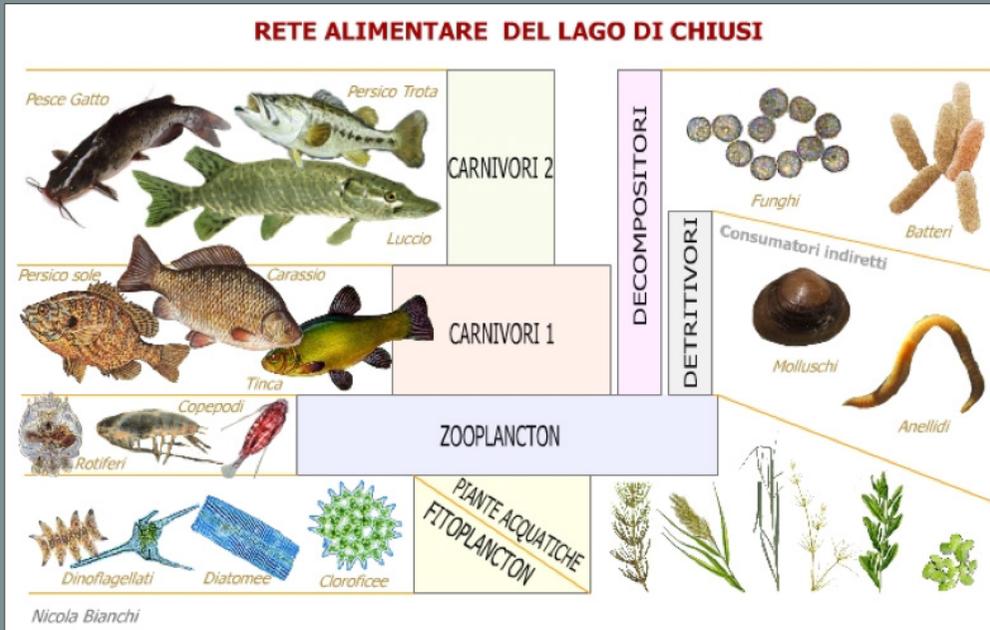
1

1 Si possono anche avere organismi che si nutrono allo stesso livello trofico quando sono adulti, ma ad un livello trofico differente quando sono giovani. Es. Luccio che è planctivoro (o carnivoro primario) da giovane e piscivoro (o carnivoro secondario o terziario) da adulto come rappresentato nello schema grafico. Meccanismo evolutivo molto importante che permette di ridurre la competizione intraspecifica.



Schema grafico di catena alimentare nel Mare del Nord

Nell'ambiente acquatico le complesse relazioni tra produttori, erbivori, carnivori e decompositori costituiscono la rete trofica, cioè la **rete di distribuzione del cibo**. Le catene alimentari s'intrecciano e formano una rete alimentare. Generalmente è possibile attribuire una specie biologica ad un livello trofico; ma ci sono molti casi in cui gli individui di una stessa specie possono alimentarsi a livelli trofici diversi oppure possono cambiare il livello trofico a cui si alimentano nel corso della propria vita.



LA PIRAMIDE ALIMENTARE

Ogni ecosistema ha una sua catena alimentare, spesso descritta come **piramide**, per il ridursi della biomassa (o energia) dei consumatori via via successivi, secondo rapporti descritti dall'ecologia (frequentemente 1/10 rispetto al sottostante); siccome un individuo può appartenere a più di una catena alimentare, si crea una vera e propria rete alimentare.

1



Poza temporanea

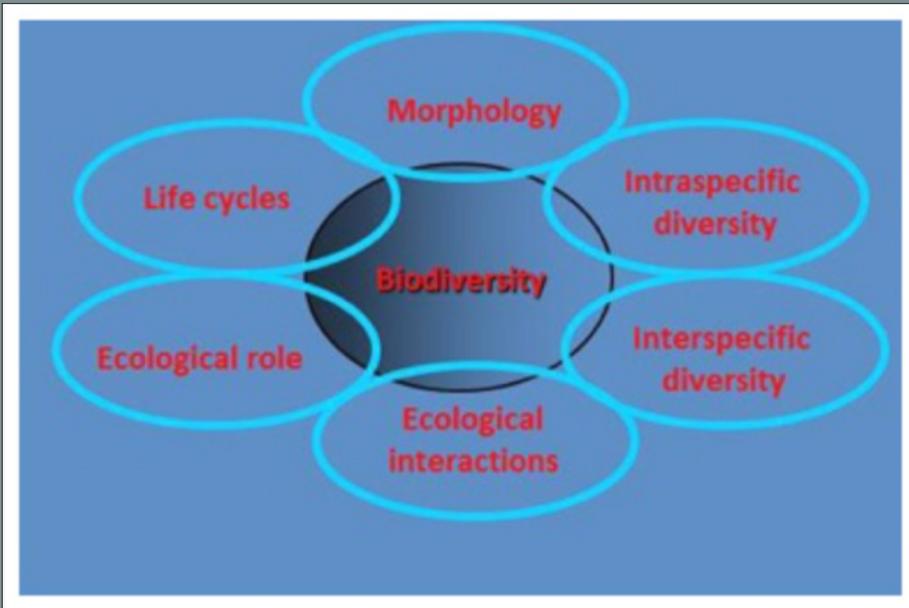
Gerride
(ragno d'acqua)

2



Foresta Amazzonica

3



SCALA DI INDAGINE

La natura di una comunità è strettamente legata all'ambiente in cui vive ① e per essere studiata va usata una **scala di indagine** adeguata (i.e. differente scala spazio-temporale).

Un ecosistema può essere piccolo come ad esempio un campo, o grande come un oceano, dipende dalla grandezza della scala che il ricercatore sta esaminando ②.

L'importanza del monitoraggio a differenti scale di analisi

Interessante è l'integrazione di dati acquisiti a una differente **scala spazio-temporale** per una più approfondita e affidabile indagine/studio/analisi.

ECOSISTEMI E BIODIVERSITÀ

Ecosistemi e **Biodiversità** sono strettamente connessi.

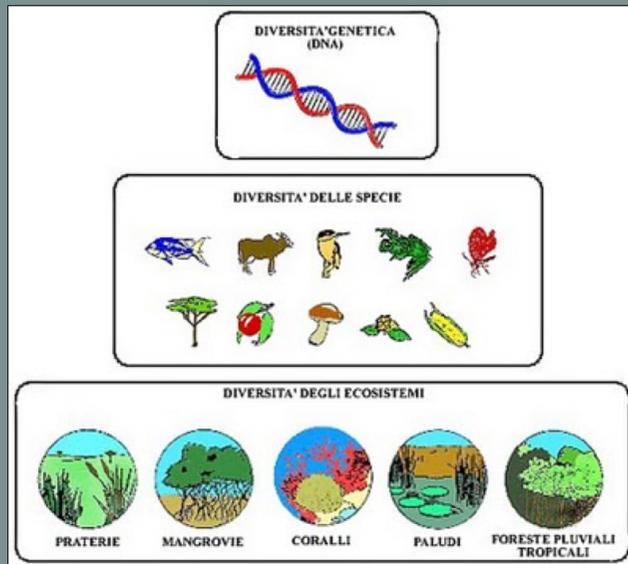
La perdita di biodiversità, meno specie nell'ecosistema, porta ad alterare i processi dell'ecosistema stesso al punto di compromettere anche i servizi che l'ecosistema fornisce all'uomo. La Biodiversità è il numero totale di specie presenti in un ecosistema e la complessità di interazione di queste specie.

③ **Biodiversità** esaminata nei diversi componenti/fattori.

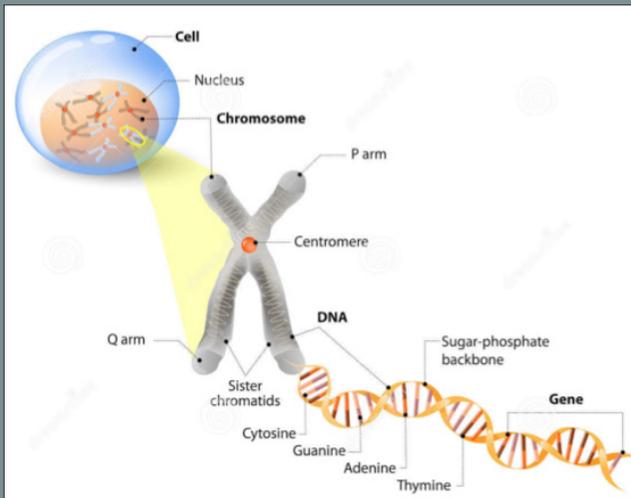


BIODIVERSITY
IS GOOD FOR
THE
ECONOMY

1



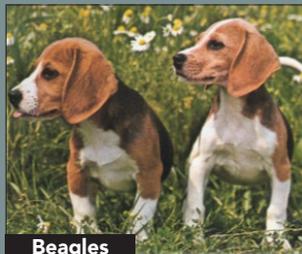
2



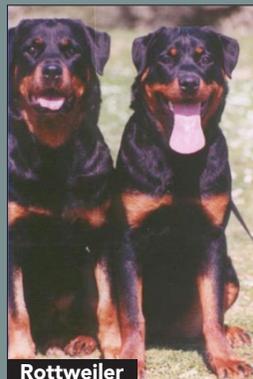
3



Chihuahua



Beagles



Rottweiler

TRE LIVELLI DELLA BIODIVERSITÀ

“La variabilità tra organismi viventi di qualunque origine, terrestri, marini e di altri ecosistemi acquatici, e i complessi ecologici di cui essi fanno parte: questo include **la diversità all'interno delle specie, tra specie, e tra ecosistemi**” (Earth Summit, 1992).

1 La biodiversità può essere:

- 1) **Genetica**
- 2) **di Specie**
- 3) **di Ecosistema**

BIODIVERSITÀ GENETICA

2 La **diversità genetica** definisce la differenza dei geni all'interno della specie.

Caratteristica che si riferisce agli individui di una popolazione e indica il fatto che questi individui presentano alleli diversi (forme diverse dello stesso gene) per determinati geni.

La diversità genetica di una popolazione è alla base della diversità fenotipica, cioè delle differenze osservabili tra gli individui. La diversità genetica (o variabilità genetica) deriva dal fatto che nel corredo genetico delle specie si generano differenze, dovute a modificazioni delle sequenze del DNA, tra un individuo e l'altro.

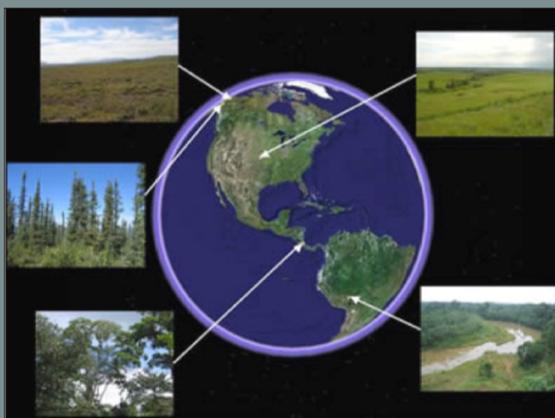
Queste differenze sono ereditate e si vanno ad accumulare con quelle che si erano prodotte nelle generazioni precedenti, da cui risulta la diversità genetica di una popolazione o di una specie.

3 **Chihuahua, i Beagle ed i Rottweiler** sono della stessa specie ma i loro geni sono differenti, variabilità genetica.

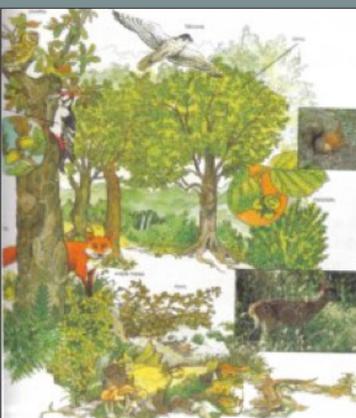




1



2



L'evoluzione della vita e la diversità della vita



BIODIVERSITÀ DI SPECIE E ECOSISTEMICA

La **diversità di specie 1** comprende la ricchezza di specie, misurabile in termini di numero delle stesse specie presenti in una determinata zona, o di frequenza delle specie, cioè la loro rarità o abbondanza in un territorio o in un habitat.

La **diversità ecosistemica 2** include sia le differenze macroscopiche che esistono tra i diversi ambienti sia le differenze tra i processi che li caratterizzano.

L'elevato grado di complessità degli ecosistemi rende difficile compiere misure quantitative di diversità, tuttavia, se si focalizza l'attenzione su un particolare aspetto di un ecosistema, è possibile tentare delle stime quantitative e dei confronti numerici.

In sintesi, la diversità ecosistemica esprime la complessità di struttura di un ambiente e, utilizzata come strumento analitico quali-quantitativo, può essere misurata come biodiversità di habitat esistenti, al fine di tenere monitorate le relazioni ecosistemiche dei sistemi ambientali presenti.

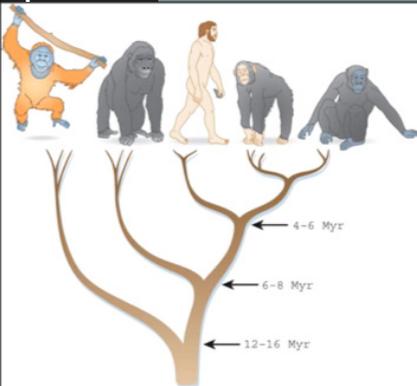
BIODIVERSITÀ ED EVOLUZIONE

Sono stati necessari circa 3.5 miliardi di anni perché, dalle prime forme di vita apparse sulla Terra, si sviluppasse l'incredibile numero di specie che oggi popola il nostro pianeta.



Ogni anno vengono scoperte nuove specie e, di queste, molte non sono ancora state classificate (circa 1.770.000 le specie per ora identificate, ma si suppone che esistano verosimilmente tra i 10 ed i 15 milioni di specie diverse, la maggior parte delle quali è concentrata ai tropici o lungo le piattaforme continentali). Tutte le specie di animali, funghi, batteri, alghe o piante, conosciute o sconosciute che siano, si sono sviluppate attraverso un lentissimo processo naturale chiamato "**evoluzione**".

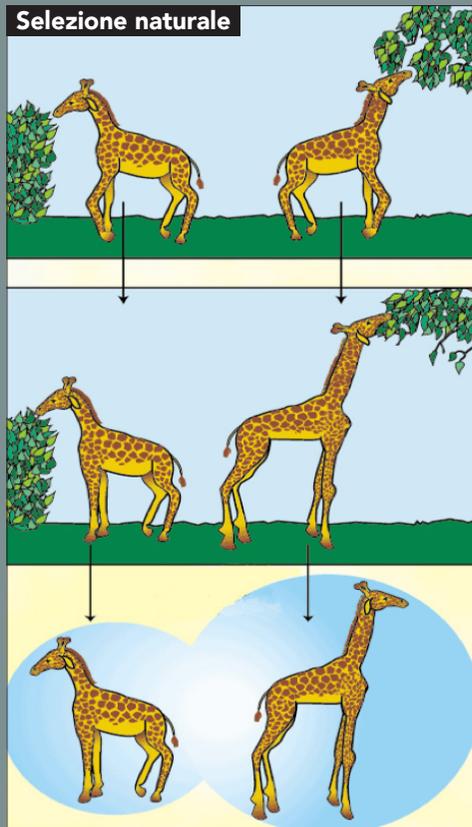
Speciazione



Estinzione



Selezione naturale



Evoluzione

La diversità genetica genera «differenze» accumulando varianti (gli alleli). Viene limitata dalla selezione naturale (che tende a eliminare le varianti -gli alleli- meno adatte) e dalla deriva genetica (elimina casualmente gli alleli), questa volta in ragione di eventi casuali. **La sua riduzione costituisce le basi dell'evoluzione.**

Un processo importante nell'evoluzione è la **selezione naturale**. Attraverso la selezione naturale, gli organismi che si sono adattati meglio al loro ambiente, come conseguenza di mutamenti casuali nel loro patrimonio genetico, sopravvivono meglio e più a lungo. Dando vita ad una progenie più numerosa, rispetto ad altri individui appartenenti alla loro stessa specie, può accadere che, nell'arco di molte generazioni, i mutamenti possono evidenziarsi nell'intera popolazione; di conseguenza la popolazione cambia, o addirittura dà origine ad una nuova specie. La nascita di nuove specie accade laddove la popolazione cambia così profondamente che non può più riprodursi con altre popolazioni della specie originale. Tutto ciò si verifica quando piante ed animali colonizzano nuovi habitat, quando le condizioni ambientali mutano drasticamente per alcune popolazioni, o quando le popolazioni vengono separate geograficamente. Ad esempio, quando ci furono le ultime glaciazioni, si formarono imponenti ghiacciai che divisero l'habitat di molte specie. Di conseguenza le popolazioni, avendo perso il contatto tra loro, si svilupparono diversamente dando origine a nuove specie.

SELEZIONE NATURALE

Forza che agisce sugli organismi selezionando gli individui di una popolazione che meglio si adattano alle condizioni ambientali. La vita sulla Terra è espressione di miliardi di anni di **storia evolutiva**.

L'adattamento e la selezione naturale, hanno guidato i fenomeni di speciazione e di estinzione e, di conseguenza, l'espansione della biodiversità sul pianeta.

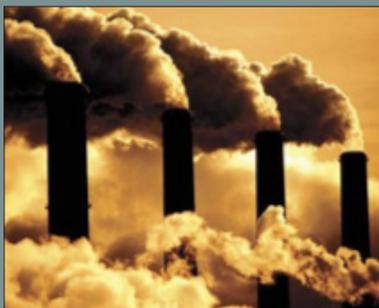
1



1 A sinistra

un ambiente con elevato livello di biodiversità, mentre **a destra** una monocoltura (campo di grano) a bassissimo grado di biodiversità.

2



2 **Le cause della perdita di biodiversità:** introduzione specie alloctone, cambiamento climatico, inquinamento e agricoltura intensiva.

CONSERVARE LA BIODIVERSITÀ

La biodiversità è necessaria per mantenere l'equilibrio degli ecosistemi. Gli ambienti con una biodiversità elevata dimostrano una maggiore resistenza al cambiamento, alle malattie e alle variazioni ambientali. La biodiversità, oltre al valore per sé, è importante anche perché è fonte per l'uomo di beni, risorse e servizi: i cosiddetti servizi ecosistemici che hanno un ruolo chiave nella costruzione dell'economia delle comunità umane e dei Paesi in generale.

A che cosa serve dunque la biodiversità? In sostanza, una polizza di assicurazione per la vita: più alta è la variabilità degli organismi, più alta è la loro capacità di adattarsi e di sfruttare l'energia disponibile.

LE CAUSE DELLA PERDITA DI BIODIVERSITÀ

1. La **trasformazione degli habitat terrestri**, nonché la frammentazione e l'isolamento delle aree naturali, determinano non solo la perdita delle specie vegetali ma anche la riduzione delle specie animali ad esse associate.

2. **Uso delle risorse naturali da parte dell'uomo:** il sistema più diffuso è quello che prevede la raccolta/cattura di una risorsa in una determinata area fintanto che essa non diventi troppo rara o scompaia completamente, come la pesca eccessiva di una determinata specie. Si tratta di sovrasfruttamento, cioè dell'utilizzo di una risorsa naturale (rinnovabile) ad un tasso superiore a quello necessario per il suo rinnovo.

3. **Introduzione di specie alloctone** - accidentale o deliberata - quale conseguenza dell'eliminazione artificiale delle barriere biogeografiche e climatiche esistenti in natura che, per tempi lunghissimi, hanno limitato la dispersione delle specie. In genere, le specie introdotte non sono in grado di sopravvivere nel nuovo ambiente ma talvolta accade che una di esse trovi condizioni favorevoli per lo sviluppo: si assiste allora ad esplosioni demografiche che rafforzano il successo della specie alloctona a spese di quelle autoctone e rendono estremamente difficile estirpare/eradicare l'alloctona. Esempio dell'introduzione dei Gamberi alloctoni d'acqua dolce e

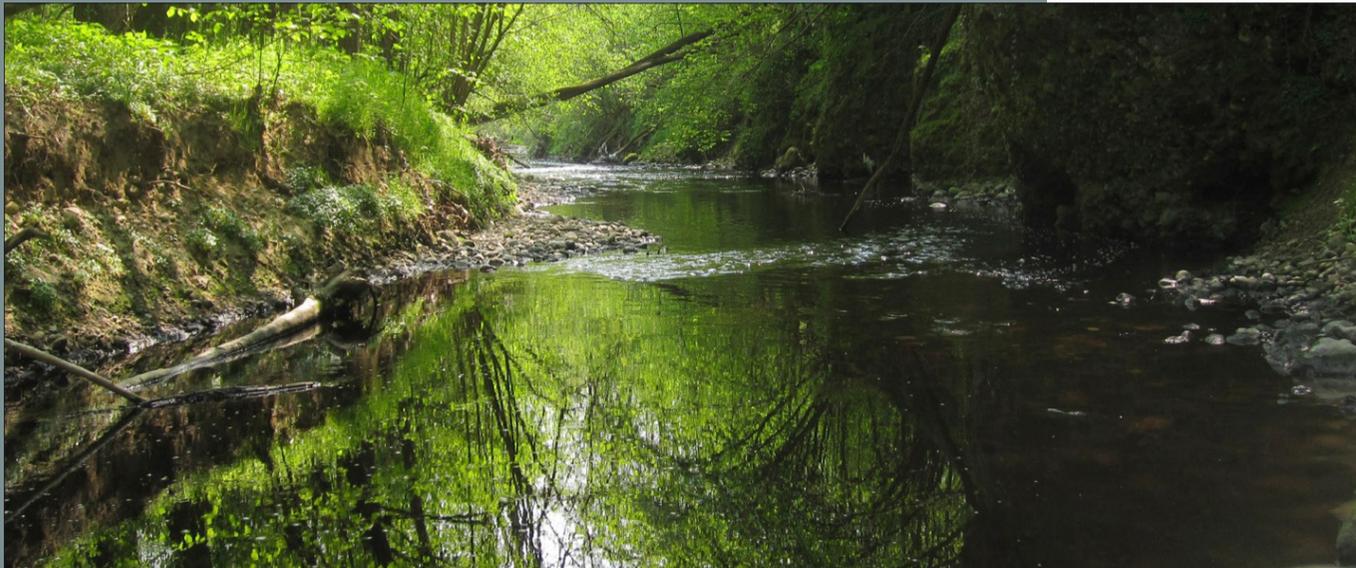
1



Gambero rosso della Louisiana



Il nostro Gambero di fiume
Austropotamobius pallipes



1 I gamberi alloctoni d'acqua dolce

sono tutte specie problematiche per la biodiversità. **Il Gambero rosso della Louisiana** per la sua invasività è inserito nella lista delle 100 peggiori specie invasive in Europa. Tra gli effetti più evidenti per la biodiversità si riscontrano la **competizione** con la nostra specie autoctona, il Gambero di fiume (*Austropotamobius pallipes*), e la **riduzione** sia della vegetazione acquatica a seguito del pascolamento, sia di macroinvertebrati, anfibi e pesci a causa dell'intensa predazione.

estinzione delle specie endemiche che popolavano quel determinato corso d'acqua. Da considerare che i cambiamenti climatici facilitano la diffusione di specie aliene e riducono la resilienza degli habitat alle invasioni biologiche, con potenziali rischi sanitari elevati per l'uomo e altre specie.

4. **Erosione della ricchezza biologica**, riguarda il livello genetico, dipendendo dalla selezione di ceppi di organismi per le coltivazioni e per l'allevamento. L'aumento della produttività viene ottenuto attraverso una selezione mirata di caratteri che comporta una restrizione della gamma di variabilità e un rischio per le future capacità di adattamento. Nel caso delle coltivazioni, ad esempio, l'uso della monocoltura standardizzata, giustificato da ragioni sociali ed economiche, ha portato come conseguenza negativa la perdita di molte varietà locali adatte alle particolari condizioni di coltura. Con le coltivazioni biologiche invece, oltre a recuperare la fertilità dei suoli, si opera valorizzando e recuperando una elevata ricchezza di varietà e di specie che vuol dire maggiore capacità di adattamento e di resilienza ai cambiamenti climatici.

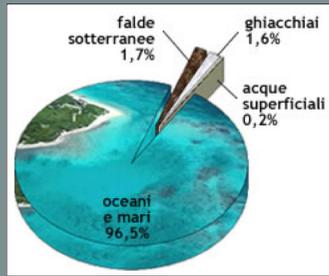
5. **Per inquinamento**, dal punto di vista biologico, si intende una modificazione sfavorevole dell'ambiente naturale originata come sottoprodotto dell'attività umana; producendo effetti diretti o indiretti si avrà come ripercussione la variazione della ripartizione dei flussi di energia, dei livelli di radiazione, della costituzione chimico-fisica dell'ambiente e dell'abbondanza delle specie.

6. **Cambiamento climatico**, la più importante e più evidente modificazione ambientale globale di origine antropica, l'amplificazione dell'effetto serra causato dalla crescente concentrazione atmosferica di gas clima-alteranti. Ad esempio, il riscaldamento della superficie terrestre incide sulla biodiversità poiché pone a rischio tutte le specie adatte al freddo sia per latitudine (specie polari) che per altitudine (specie montane).

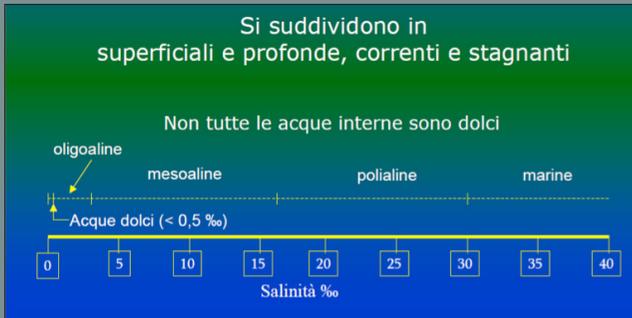
Conservare la Biodiversità

🕒 **Per conservare la biodiversità bisogna prima di tutto proteggere gli habitat naturali e gli ecosistemi nella loro interezza.**

1



2



Ecosistemi acquatici

Circa il 71% della superficie della terra è coperto di acqua e la maggior parte di questa è salata.

- 1 L'**ecosistema marino** è caratterizzato: dagli ecosistemi costieri, di mare aperto ed alle profondità degli oceani.
- 2 Gli ecosistemi ad acqua dolce includono: i laghi, fiumi, gli stagni e le paludi.

ECOSISTEMI D'ACQUA DOLCE

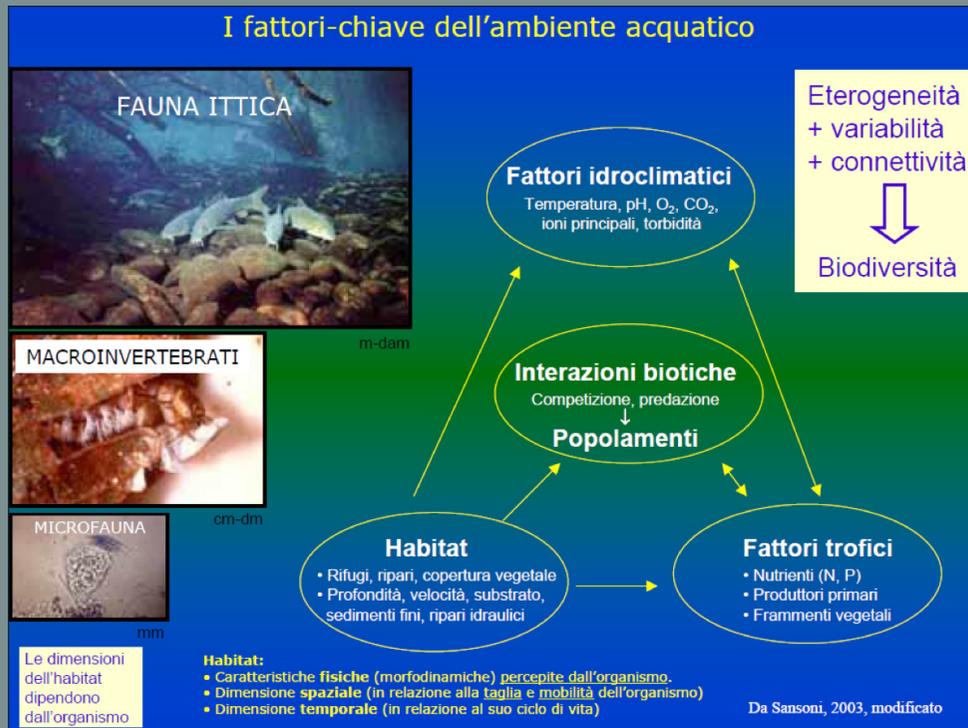
Tutti gli ambienti acquatici sono regolati da fattori-chiave che determinano la dimensione e la ripartizione delle popolazioni delle diverse specie, quindi sia la biodiversità sia la produttività.

Tali fattori possono essere raggruppati in:

- 1) **idroclimatici**, relativi alla fisico-chimica dell'acqua, relativamente stabili su un'ampia scala spaziale;
- 2) **di habitat**, relativi alle caratteristiche fisiche alla scala degli organismi (si usa anche il termine morfodinamiche per comprendere la variabilità legata al deflusso e l'eterogeneità delle strutture morfologiche);
- 3) **trofici** (relativi a natura e quantità delle risorse alimentari);
- 4) **biotici** ovvero le interazioni dirette tra organismi (competizione, predazione...).

Questi fattori non sono indipendenti: i primi tre costituiscono il quadro nel quale si esercita la competizione tra le specie; l'eterogeneità degli habitat è d'estrema importanza per limitarne gli effetti.

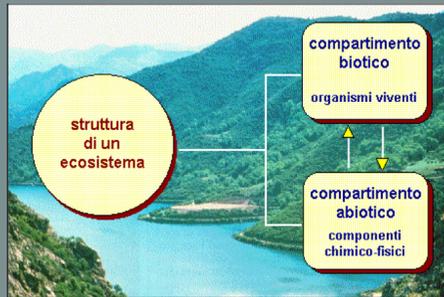
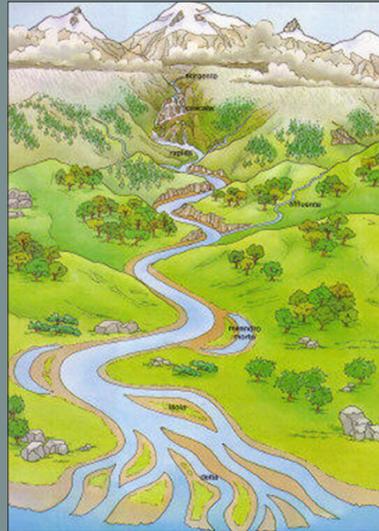
(Schema da Wasson et al., 1993, modificato; in Sansoni, 2003)



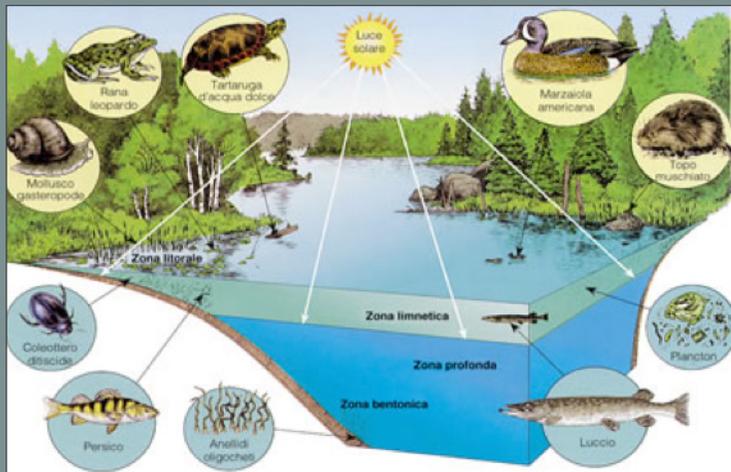
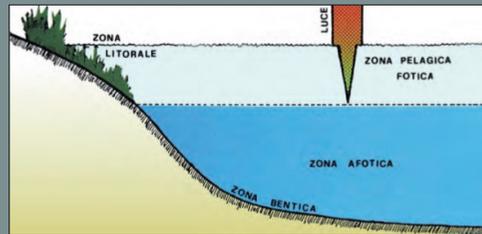
Fonte: Baldaccini, 2006 (su <http://www.bionat.unipi.it>)



1



2



3

CLASSIFICAZIONE

Gli **1 habitat d'acqua dolce** possono essere classificati in tre gruppi:

- **ecosistemi Lacustri o "Lentici" (laghi e stagni)**
- **ecosistemi ad acque correnti o "Lotici" (ruscelli e fiumi)**
- **aree alluvionali (zone umide)**

ECOSISTEMI LENTICI (DELLE ACQUE FERME): STRUTTURA E FUNZIONI

ZONIZZAZIONE

Gli ambienti lacustri o lentici: **stagni, pozze, paludi, laghi**, ecc. Dal punto di vista di strutture morfologiche e fisiche (termiche e luminose) del lago, capaci di influenzare la struttura biologica (tipo di organismi e loro funzioni) del lago, possiamo distinguere le seguenti **zone**:

Zona litorale, in cui la luce raggiunge il fondo, occupata da piante fornite di radici;

Zona limnetica o delle acque aperte, compresa tra la superficie e la zona fino alla quale penetra la luce (queste due prime zone costituiscono la regione fotica del lago dove è possibile la fotosintesi).

Gli organismi viventi sono rappresentati dal plancton (insieme degli organismi che si lasciano galleggiare passivamente), dal necton (insieme degli organismi capaci di nuotare: pesci, anfibi, grossi insetti) e dal neuston (insieme degli organismi che si posano o nuotano sulla superficie).

Sotto la zona vitale limnetica c'è la **zona profonda**, al di sotto del livello di penetrazione della luce e separata da questo dal livello di compensazione. Essa costituisce la regione afotica, dove non è possibile la fotosintesi.

Zona bentonica: reperibile soltanto in laghi profondi, dove la radiazione luminosa è veramente troppo bassa per consentire la fotosintesi ma la respirazione, e quindi il consumo di ossigeno, procede e può portare all'anossia.

2 Ogni **lago** è un ecosistema costituito da un ambiente chimico-fisico (abiotico) e da una comunità biologica che in esso vive.

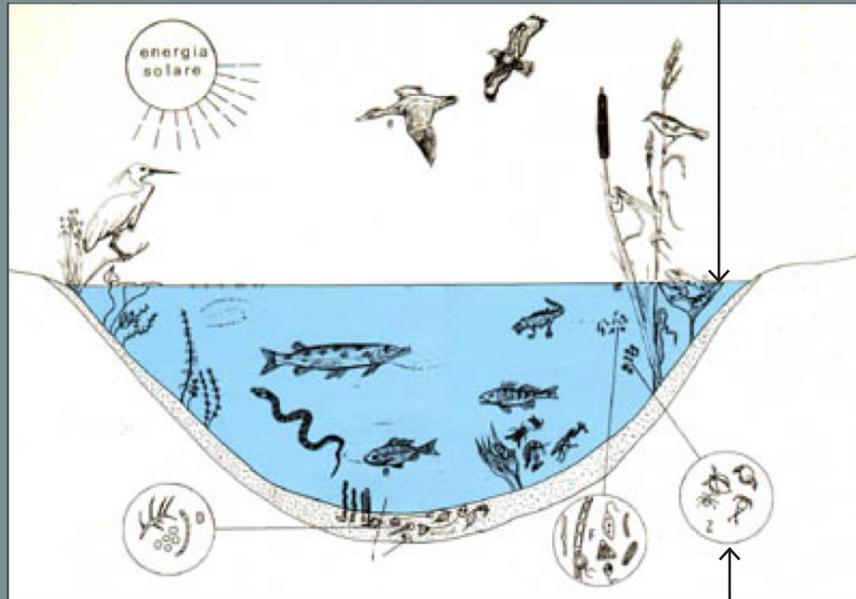
↳ Suddivisione degli ambienti nell'ecosistema lacustre (Da Forneris, 1996, modificato).

3 Rappresentazione schematica di un lago del Nord America con specie tipiche.

Idrofite

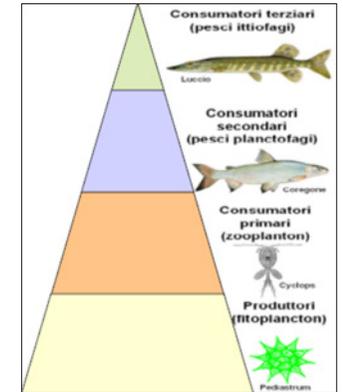
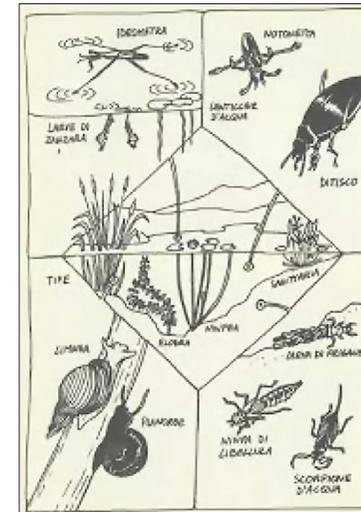


1



Fitoplancton

CATENA ALIMENTARE E PIRAMIDE ECOLOGICA



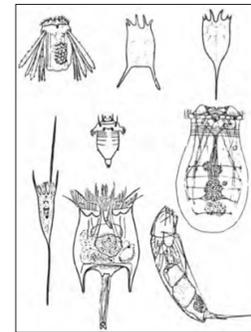
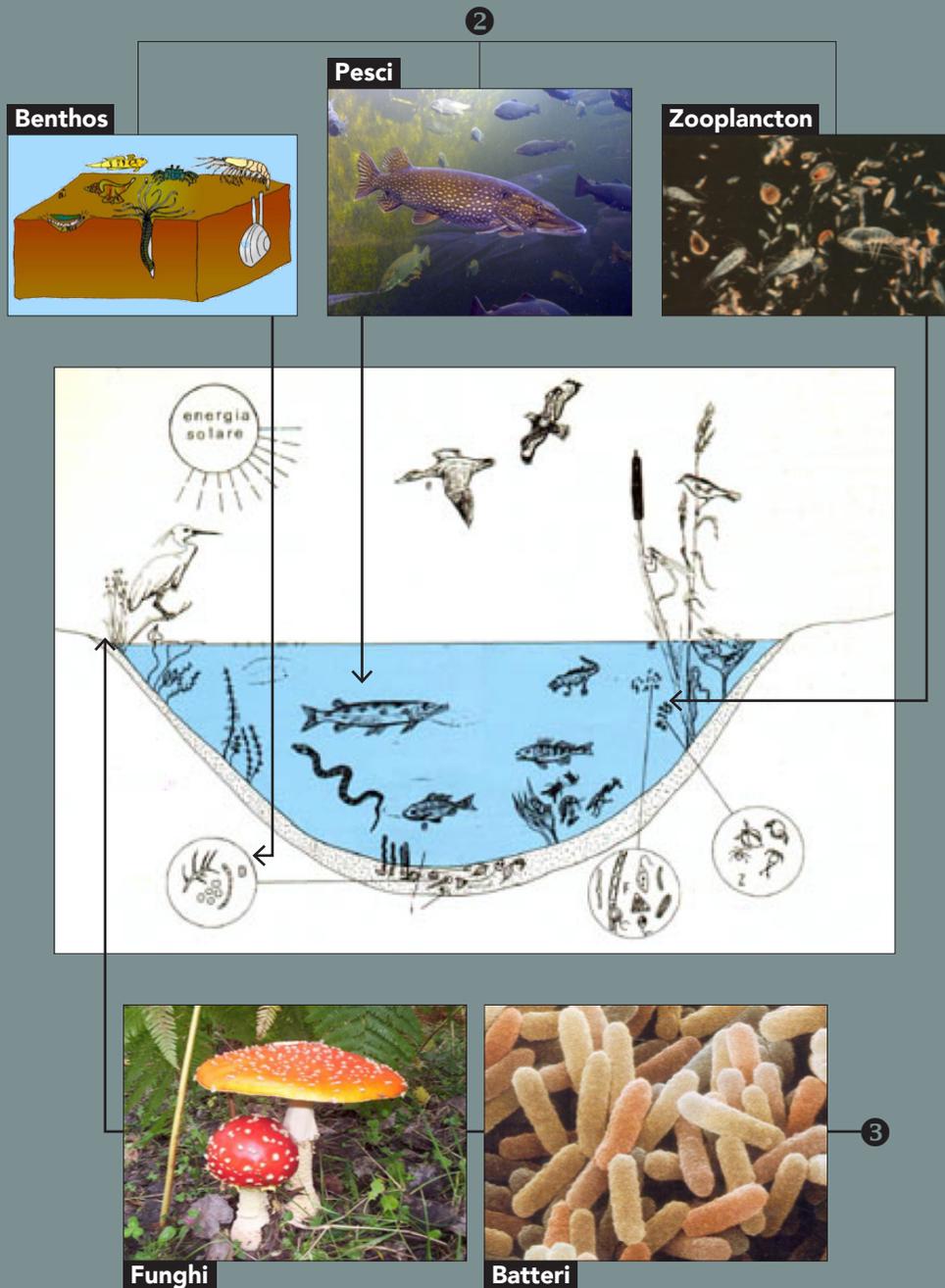
Nell'ecosistema lacustre troviamo:

❶ I produttori primari: **Idrofite** e **Fitoplancton**.

I produttori sono rappresentati da tutti i **vegetali** (alghe, piante acquatiche costiere) e dalla **microflora batterica** foto- e chemiosintetica; infatti gli organismi produttori non sono rappresentati solo da autotrofi, ma anche da eterotrofi facoltativi od obbligati che possono o debbono assumere molecole organiche.

Gli **autotrofi** sono gli organismi capaci di utilizzare come fonte di carbonio la CO_2 atmosferica. Tutte le piante, ad esempio, possedendo clorofilla e alcuni batteri sono autotrofi.

Gli **eterotrofi** (dal greco $\epsilon\tau\epsilon\rho\omicron\varsigma$, $h\acute{e}t\epsilon\rho\omicron\varsigma$, 'diverso', e $\tau\rho\epsilon\phi\omega$, $tr\acute{e}ph\omicron$, "io mi nutro"): tutti gli organismi che non sono in grado di sintetizzare tutte le proprie molecole organiche autonomamente a partire da altre molecole inorganiche, come fanno gli autotrofi, e devono quindi far riferimento a composti organici precedentemente sintetizzati da altri organismi, come ad esempio i carboidrati. Dall'ossidazione di queste molecole deriva l'energia necessaria per il mantenimento del metabolismo degli eterotrofi.



🕒 **Zooplanton rotiferi** (Tonolli 1969, modificato).

2 I **consumatori**, la componente animale: **Zooplanton**, **Benthos** e **Pesci**.

I consumatori possono essere **primari**, come gli erbivori/fi-tofagi, **secondari**, come chi si nutre dei consumatori primari (predatori e parassiti di organismi animali), **terziari**, quelli che si nutrono dei consumatori secondari e così via: l'ultimo livello della catena è rappresentato dai **pesci carnivori** e dagli **uc-celli e mammiferi ittiofagi, uomo compreso**.

3 L'ultimo anello dell'ecosistema è costituito dai **Decompo-sitori**. Tra questi i **batteri**, alcuni **funghi**, animali limofagi, e cioè tutta la complessa collettività che decompongono i resi animali o vegetali (morti) e li restituiscono alla natura come sali minerali che rimettono nel terreno.

CLASSIFICAZIONE DEI LAGHI E FATTORI CARATTERIZZANTI

I **laghi** sono in genere alimentati da uno o più corsi d'acqua detti **immissari**; altre fonti sono la pioggia, le acque sotterra-nee, e le acque di fusione delle nevi.

L'acqua che non si perde per evaporazione **esce** dal lago at-traverso un corso d'acqua detto **emissario**.

I laghi sono distese d'acqua più o meno ampie che occupano conche o depressioni del terreno, generalmente formate da acque dolci. 🕒



1

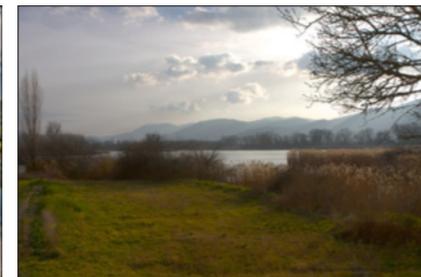


2



Esempio:

Il **Lago Lungo o "di Cantalice"** e il **Lago di Ripasottile** = residui di un grande lago che anticamente ricopriva gran parte della **Piana Reatina**: il **Lago Velino**, bonificato dagli antichi romani con la creazione di un varco nelle montagne che circondano la pianura e il deflusso delle acque lacustri con la creazione della cascata delle Marmore.



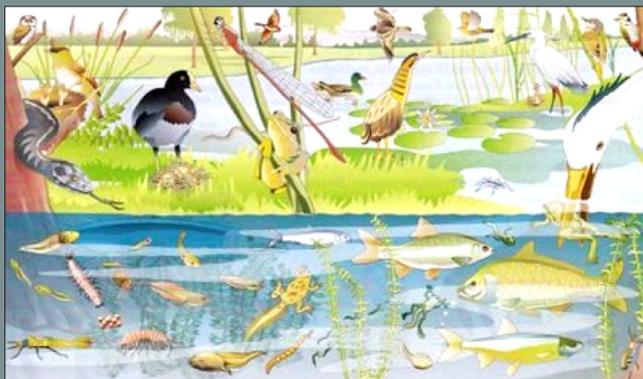
Classificazione dei laghi

1 Lago naturale

Il Lago Lungo o "di Cantalice" e il Lago di Ripasottile

2 Lago artificiale

Il lago del Salto è il più grande lago artificiale del Lazio, situato in provincia di Rieti, creato nel 1940 dallo sbarramento del fiume Salto con la diga del Salto e la conseguente sommersione dell'omonima profonda Valle nel Cicolano.



Zone paludose di acqua dolce

Si originano grazie alla mancanza di un normale deflusso delle acque dove esse vengono raccolte in una piana, oppure attraverso la falda sotterranea nell'area interessata, o quando un lago si prosciuga e sono: i laghi, le torbiere, i fiumi e le foci, gli stagni, le lagune, le valli da pesca, le paludi salmastre, i litorali con le acque marine costiere.

Zone paludose d'acqua dolce anche dette «zone umide» sono una moltitudine di ecosistemi diversi, un vero e proprio sistema linfatico dove la biodiversità è accolta, protetta e rafforzata.

Possiamo distinguere le aree paludose in tre tipi:

1 Stagni

Piccolo specchio d'acqua ferma e poco profonda, alimentato da un corso d'acqua o dalle acque meteoriche; generalmente sommerso solo per alcuni periodi dell'anno.

Importanza chimico-fisica: stagni e zone umide in generale sono trappole per nutrienti cioè composti di potassio e azoto, e presentano la possibilità di creare condizioni favorevoli per la decomposizione microbica della sostanza organica;

2 Paludi

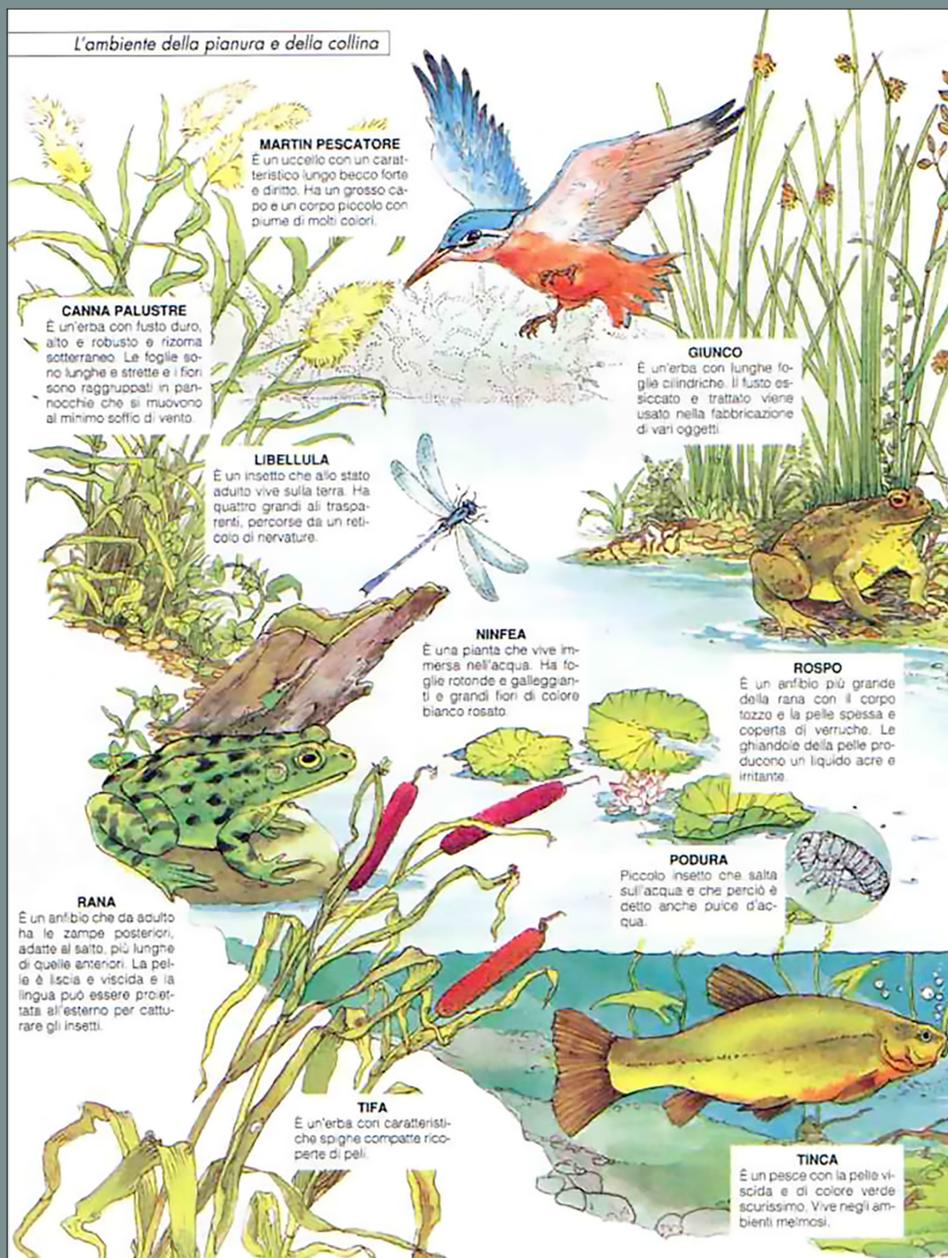
Sono sommerse dall'acqua per tutto l'anno. Le paludi derivano dall'inondazione di aree pianeggianti da parte del mare o delle acque fluviali.

Importanza idrogeologica: le paludi adiacenti i corsi d'acqua, creano un effetto spugna cioè raccolgono le acque durante le piene - rallentando il deflusso delle acque e riducendo il rischio di alluvioni - restituendole poi nei periodi di magra.

3 Acquitrini

Non sono ricoperti dall'acqua, oppure hanno solo un basso strato d'acqua, il terreno è spugnoso e umido ed è ricoperto principalmente da muschi i quali vengono raccolti come **torba**, per essere usati come fertilizzante o bruciati come combustibile.

Importanza scientifica: dallo studio dei profili pollinici nelle torbiere, ad esempio, è possibile ricostruire le vicende ecologiche, climatiche ed evolutive del territorio in cui questi ambienti sono situati.



Zone paludose e altre zone umide

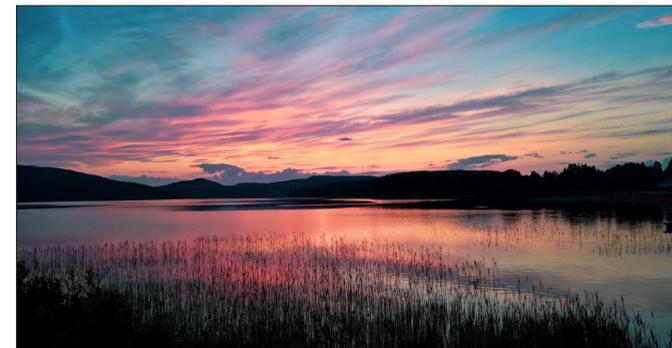
- **Zone estremamente ricche di Biodiversità**
- **Zone di riproduzione e alimentazione** per molte varietà di pesci, molluschi, anfibi, uccelli acquatici e innumerevoli altri animali;
- **Immagazzinano enormi quantità d'acqua**, il che impedisce le inondazioni e mantiene alto il livello d'acqua nei periodi di siccità;
- **fungono anche da depuratori naturali dell'acque** filtrandone le sostanze inquinanti.

Ai sensi della Convenzione internazionale di Ramsar(1971), per "zone umide" s'intendono "...le paludi e gli acquitrini, le torbiere oppure i bacini, naturali o artificiali, permanenti o temporanei, con acqua stagnante o corrente, dolce, salmastra, o salata, ivi comprese le distese di acqua marina la cui profondità, durante la bassa marea, non supera i sei metri".

Ecosistemi di acque salmastre

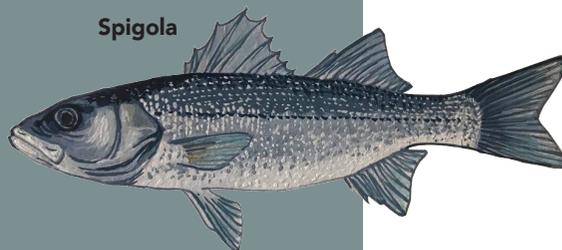
Zone costiere, dove le acque dolci incontrano quelle salate del mare.

- **zone di estuario**
- **lagune costiere**
- **stagni salmastri**





Lago di Paola o laguna di Sabaudia



Spigola



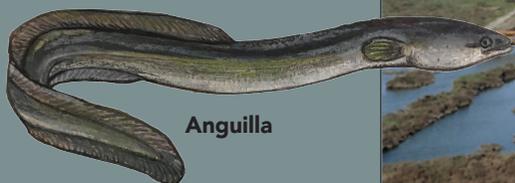
Lago di Fondi



Stagno di Cabras



Delta del Po



Anguilla



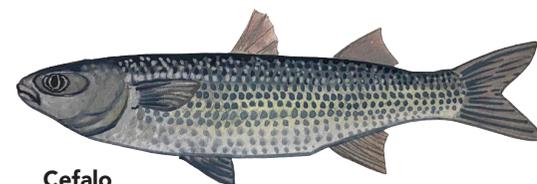
Le zone umide d'importanza internazionale riconosciute ed inserite nell'elenco della Convenzione di Ramsar (Convenzione che determina un'autorevole svolta nella cooperazione internazionale per la protezione degli habitat, riconoscendo l'importanza ed il valore delle zone denominate "umide", ecosistemi con altissimo grado di biodiversità, habitat vitale per gli uccelli acquatici) per l'Italia sono ad oggi 53, distribuite in 15 Regioni, per un totale di 62.016 ettari.

Per il Lazio:

laghi pontini (Sabaudia, dei Monaci, Caprolace e Fogliano), già Parco nazionale del Circeo.

Oltre il **Lago Lungo** e il **Lago di Fondi**, nel Lazio, ci sono altre aree protette come Burano e Orbetello, la Laguna di Venezia, di Grado e Marano e molte altre.

Sono ambienti influenzati dalle maree e dagli apporti continentali, sono soggetti ad ampie variazioni di salinità, temperatura, concentrazione di O₂ ecc. e accolgono principalmente organismi in grado di tollerare le continue variazioni ambientali.



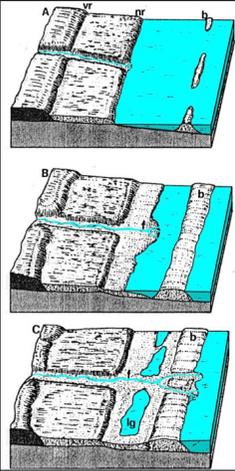
Cefalo



Le zone di foce ↻

sono ecosistemi ricchi di nutrienti e spesso di una fauna ittica abbondante e diversificata.

1



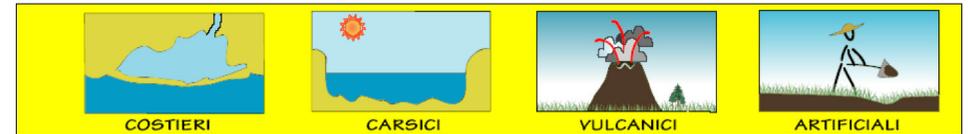
1 **Duna che separa i laghi dal mare, vista dal Circeo.**

Le acque stagnanti

Presentano un'estrema diversificazione morfologica sostanzialmente attribuibile ad una **diversa origine dei bacini lacustri**.

Nella regione Lazio il sistema dei laghi è più complesso e articolato di quello delle altre regioni italiane, sia per la superficie occupata, sia per i fattori che sono intervenuti nella loro formazione. Il Lazio è una delle regioni italiane più ricche di corpi idrici lacustri che con la loro superficie occupano circa l'1,3% dell'intero territorio regionale.

I laghi possono essere:



Laghi costieri

Laghi legati alle variazioni delle linee di spiaggia o laghi costieri. Una vecchia fascia costiera può evolversi con processi deposizionali in tempi che possono essere di decine di migliaia di anni.

Corsi d'acqua - sedimentazione - cordoni litoranei - lagune.

La laguna si trasforma in un insieme di bacini interni (paludi, stagni e laghi costieri) che costituiscono ambienti di transizione tra quello marino e quello dulcacquicolo.

2



L'azione chimica esercitata dall'acqua sulle rocce calcaree, provoca la formazione di cavità circolari comunemente chiamate *doline*. Spesso le doline sono asciutte ma, il loro riempimento con dei sedimenti impermeabili, può consentire la formazione di un lago.



2 **Un esempio** dei laghi carsici lo possiamo osservare nei laghi di S.Puoto, Rascino, Percile, Paterno e Canterno. Riveste particolare interesse naturalistico il lago Fibreno che prende origine da risorgive carsiche, alimentate, attraverso condotti sotterranei, con acque che provengono dai rilievi calcarei abruzzesi limitrofi.

Laghi carsici

Generalmente sono di piccole dimensioni e in Italia sono presenti nel Carso e nell'Appennino Laziale ed Abruzzese.





1



2



1 Laghi da crateri vulcanici ormai spenti (laghi craterici) come i laghi di Vico, Mezzano, Bracciano, Martignano, Nemi, Albano, Monterosi.

2 Laghi da crollo della camera magmatica detti laghi a caldera: un esempio è il lago di Bolsena che è il più grande del Lazio ed è il quinto in Italia con una superficie 114 kmq, un perimetro di 43 km e una profondità massima di 151 m.

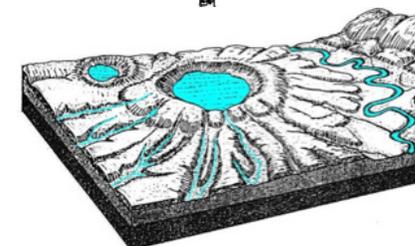
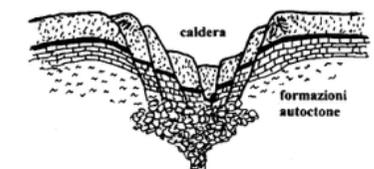
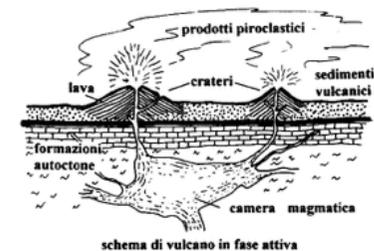
La camera magmatica ➔ venendo erosa dal passaggio del magma, tende ad ingrandirsi fino al crollo del tetto (Da Bruni, 1997).

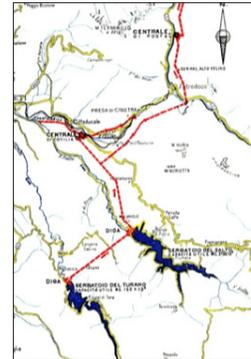
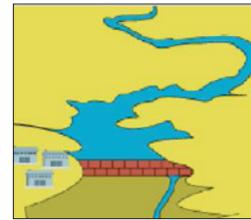
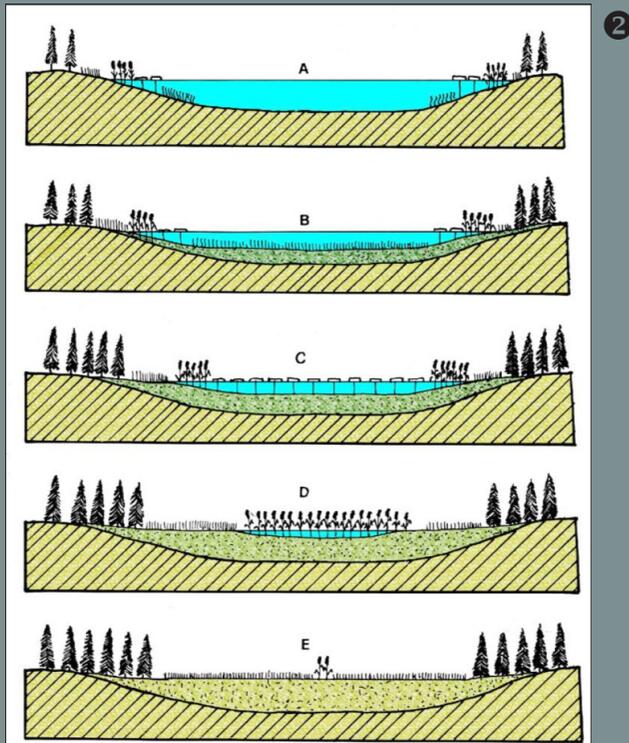
Laghi vulcanici

I laghi più importanti della Regione Lazio sono di origine vulcanica, come **quello di Bolsena**, che è il più grande del Lazio ed è il quinto in Italia con una superficie 114 kmq, un perimetro di 43 km e una profondità massima di 151 m.

Il **lago di Bracciano**, situato a nord nei monti Sabatini, è il secondo lago della regione per grandezza con una superficie di 57,5 kmq, è profondo 160 m; ha origini da una caldera vulcanica di forma circolare che occupa un insieme di cavità crateriche dei monti Sabatini, ed è alimentato da un modesto bacino imbrifero e da acque sotterranee.

Il **lago di Vico** ha un'estensione di circa 12 kmq, una profondità massima di 49,5 m e presenta una caratteristica forma a ferro di cavallo dovuta alla presenza dello sperone del Monte Venere, con vulcanico secondario all'interno del cratere principale che ospita il lago. Altri importanti bacini di origine vulcanica sono i **laghi di Albano** e **di Nemi**.





Laghi artificiali

Sono definiti laghi artificiali tutti gli "ambienti naturali" ampliati con dighe, gli ambienti artificiali ed i serbatoi con tempo di ricambio idrico superiore a 400 ore.

1 Sui fiumi **Turano** e **Salto**, affluenti del fiume Velino, sono stati creati due serbatoi della capacità complessiva di 420.000.000 di mc., mediante la costruzione di due dighe a gravità dell'altezza di m. 80 sul Turano e di m. 108 sul Salto.

I due serbatoi sono collegati mediante una galleria lunga 9 Km. con un diametro di m. 2,50. Dal serbatoio del Salto, parte la galleria forzata lunga Km. 11,800 del diametro di m. 4,00 che termina al pozzo piezometrico da cui partono due condotte forzate in cemento armato del diametro di m. 4,00 terminanti ciascuna ad un gruppo generatore.

Nella galleria forzata vengono immesse le acque dell'Alto Velino, convogliate con un canale in galleria lungo Km. 19, che concorrono all'alimentazione della Centrale quando è in funzione o si riversano nei serbatoi a Centrale ferma.

EVOLUZIONE DI UN LAGO

2 Schema dell'evoluzione di un lago:

A - **condizione iniziale** con ampia zona di acque libere;

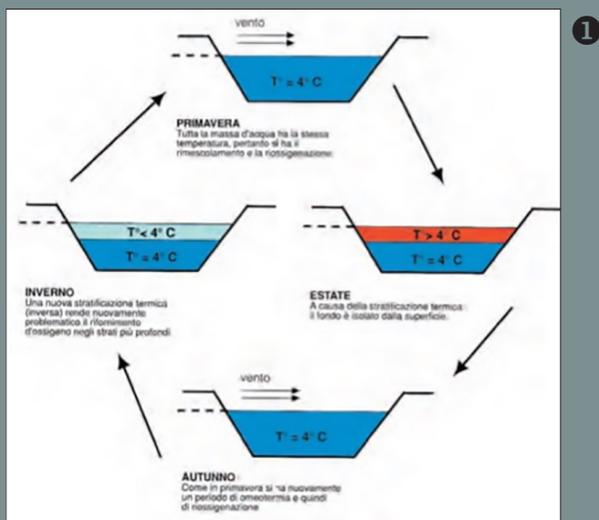
B - **condizione successiva** con zona centrale di acque libere e scarsa vegetazione sul fondo;

C - **stadio di stagno** con vegetazione acquatica molto abbondante e con ampie zone con profondità di almeno 2 metri;

D - **stadio di palude** con vegetazione invadente e riduzione dello spazio di acque libere;

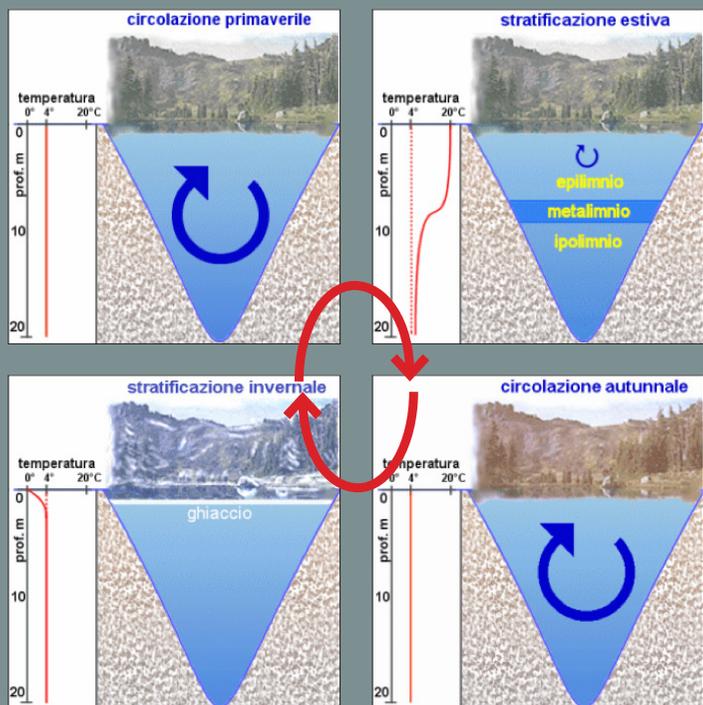
E - **stadio di torbiera** dove l'acqua ristagna, impregnando il terreno per tutto l'anno.

(Da Stella, 1984, modificato).



1

1 Schema semplificato della stratificazione termica in un lago nelle varie stagioni (Gelosì e Colombari, 2004).



2

Acqua:

la densità è massima a 4°C. L'acqua più fredda di 4°C è meno densa, cioè più leggera. Sopra i 4°C l'acqua diventa tanto meno densa (più leggera) quanto più aumenta la temperatura.

La **temperatura lacuale** dipende dal suo bilancio termico, cioè dalla differenza fra gli apporti e le perdite di calore. Durante l'anno si hanno profili termici molto differenti. Inoltre, gli immissari arricchiscono l'ipolimnio di ossigeno.

TERMICA DEI LAGHI

Il ciclo termico di un lago è influenzato da fattori climatici (piovosità e ventosità) e morfologici (profondità e forma del bacino lacustre) ma dipende principalmente dalla latitudine e dall'altitudine che influenzano direttamente la quantità e l'intensità della radiazione solare, cioè la sorgente di energia termica.

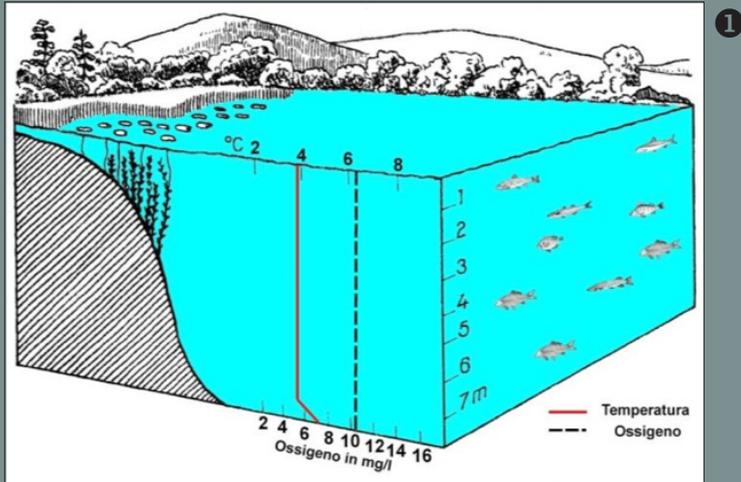
Ciò significa che la sua temperatura – in un determinato momento stagionale – dipende dal suo bilancio termico, cioè dalla differenza fra gli apporti e le perdite di calore. Se si misura la temperatura di un lago dalla superficie al fondo si ottengono, nel corso dell'anno, profili termici molto differenti. Prima di esaminare come questo fenomeno si verifica nelle 4 stagioni, bisogna ricordare una particolarità dell'acqua. La sua densità è massima a 4°C: l'acqua più fredda di 4°C è meno densa, cioè più leggera, fino al punto che un cubo di ghiaccio (0°C) di 1 dm di lato arriva a pesare 0,1 grammi in meno di un cubo d'acqua a 4°C delle stesse dimensioni. Sopra i 4°C l'acqua diventa tanto meno densa (più leggera) quanto più aumenta la temperatura.

2 Ora esaminiamo la **temperatura delle acque di un ipotetico lago della regione temperata**, profondo 20 metri.

Alla fine dell'inverno le acque presentano, a tutte le profondità, una uguale temperatura di circa 4°C (ovvero la temperatura di massima densità dell'acqua). L'azione del vento può provocare un rimescolamento delle acque più superficiali, che sono a contatto con l'atmosfera, ricche di ossigeno disciolto, con quelle sottostanti.

La **circolazione primaverile** che così si instaura ricarica di ossigeno l'intera colonna d'acqua.

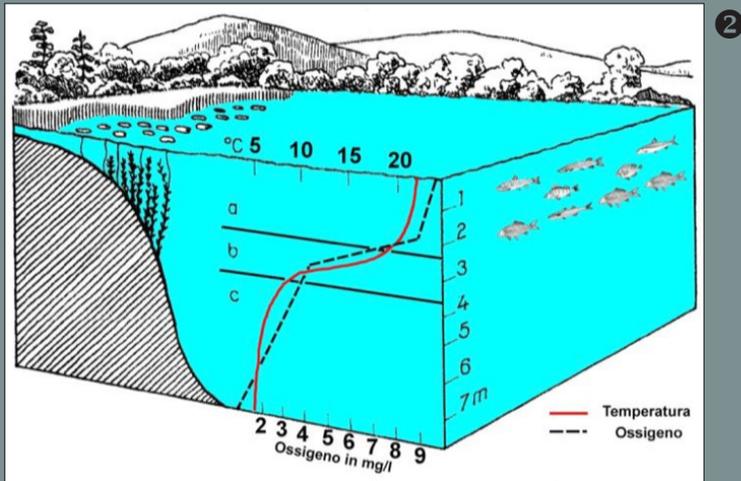
Con l'avanzare della primavera, l'apporto di calore attraverso la radiazione solare determina un innalzamento della temperatura delle acque superficiali; continua rimescolamento delle acque più superficiali (più calde e quindi meno dense) con quelle immediatamente sottostanti (più fredde e quindi più dense). Nella stagione calda, quindi, si avrà nel lago uno strato superficiale caldo (epilimnio) separato dalle acque profonde uniformemente fredde (ipolimnio) da uno strato di



1

1 In primavera ed in autunno

la temperatura e l'ossigeno sono distribuiti uniformemente su tutta la colonna d'acqua (periodo di piena circolazione).



2

2 Durante l'estate, la stratificazione termica è più accentuata, si ha formazione dell'epilimnio (a), del metalimnio (b) e dell'ipolimnio (c).

passaggio (metalimnio), caratterizzato da un rapido abbassamento della temperatura con il crescere della profondità.

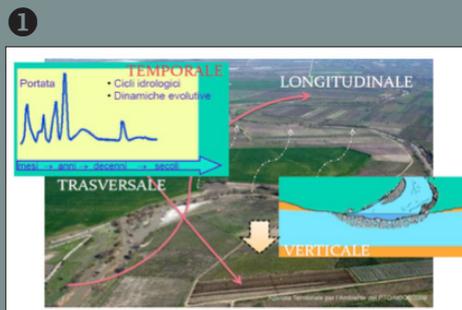
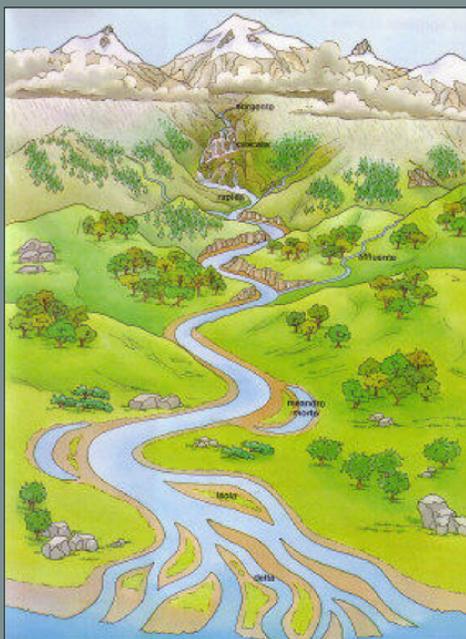
L'estate presenta una stratificazione e lo scambio di ossigeno tra le acque superficiali e quelle profonde è quasi nullo.

In autunno l'acqua superficiale si raffredda, diventa più densa e scende verso il fondo. Come già in primavera, per azione del vento il rimescolamento delle acque si intensifica e si verifica una circolazione completa (circolazione autunnale). Il corpo d'acqua si trova ora a circa 4 °C con l'ossigeno disciolto uniformemente distribuito. In autunno l'acqua superficiale si raffredda, diventa più densa e scende verso il fondo. Con essa si abbassa anche lo strato, sempre più sottile, in cui avviene il salto di temperatura, il metalimnio. Come già in primavera, per azione del vento il rimescolamento delle acque si intensifica ed esita, infine, in una circolazione completa (circolazione autunnale). Il corpo d'acqua si trova ora a circa 4 °C con l'ossigeno disciolto uniformemente distribuito.

In inverno la densità dell'acqua diminuisce per un ulteriore raffreddamento. La caratteristica della densità massima dell'acqua a 4°C comporta una instabile stratificazione termica inversa, con uno strato superficiale più freddo sopra uno strato più profondo di acqua a 4°C. Il ghiaccio, quando arriva a formarsi, copre la superficie del lago poiché la sua densità a 0°C non è massima come abbiamo visto. Il ghiaccio può rendere stabile la stratificazione termica inversa e si produce così la stratificazione invernale.

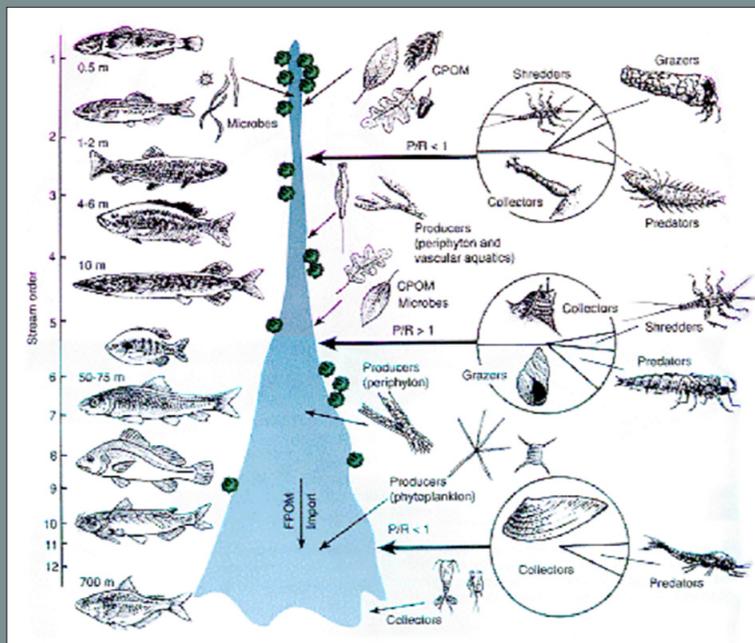
L'ipolimnio si può ricaricare di ossigeno anche in assenza di piena circolazione per l'intrusione verso il fondo del lago di acque fluviali, generalmente più fredde delle acque lacustri e ricche di ossigeno.

La distribuzione della temperatura e dell'ossigeno nella colonna d'acqua condiziona anche la ripartizione spaziale degli organismi.



1 Le 4 dimensioni dell'ambiente fluviale:

temporale, longitudinale, trasversale e verticale.



2 Il River Continuum Concept

(Vannote et al, 1980).

ECOSISTEMI LOTICI (DELLE ACQUE CORRENTI): STRUTTURA E FUNZIONI

Un fiume è una massa d'acqua che scorre da monte verso valle e sfocia in mare, un ambiente naturale dove vivono specie animali e vegetali e quindi un ecosistema e una risorsa da sfruttare per usi civili ed industriale.

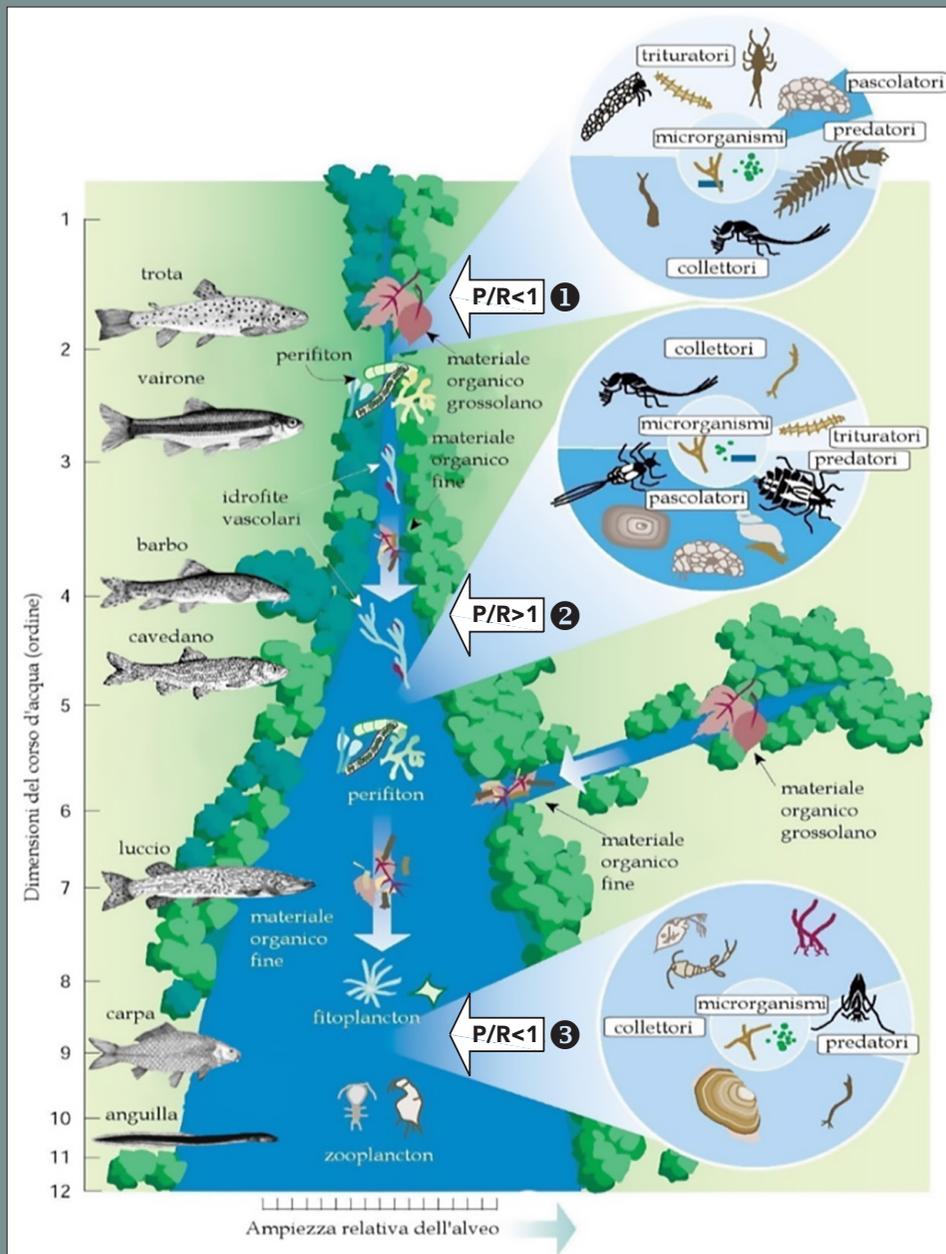
"Nessuno può bagnarsi due volte nello stesso fiume"
Eraclito.

Quando **un corso d'acqua è in buone condizioni, accoglie al suo interno una ricca varietà di organismi animali e vegetali**. L'ecosistema fluviale è l'insieme dei **fattori abiotici**, corrispondenti alle caratteristiche dell'habitat fluviale (composizione dei fondali, temperatura, litologia e geomorfologia del bacino idrografico, fattori climatici, acqua, etc.), dei **fattori biotici** corrispondenti alle caratteristiche delle comunità che vivono l'habitat (uomo, fauna, flora), nonché l'**insieme delle relazioni** che li legano e dei processi dinamici a cui sono soggetti.

IL CONTINUUM FLUVIALE

Il fiume è solo acqua che scorre? Ovviamente no! Molte sono le dimensioni (gli indicatori e le variabili) dell'ambiente fluviale da considerare come ad esempio il metabolismo degli organismi del fiume, quindi i processi di colonizzazione dei macrobentonici, l'approvvigionamento alimentare autoctono e alloctono, la ciclizzazione e ritenzione della sostanza organica e ovviamente le relazioni trofiche tra gli organismi viventi.

Un aspetto fondamentale è il **River Continuum Concept** (concetto di continuità di un fiume, elaborato e proposto da Robin L. Vannote all'inizio degli anni '80), il quale considera il corso d'acqua come una successione di ecosistemi che si susseguono secondo gradiente, interconnessi con gli ecosistemi esterni. In questo modo anche la variazione dei vari parametri fluviali avviene secondo gradiente dalla sorgente alla



foce. Ogni tratto è influenzato da quello a monte e a sua volta influenzerà a valle (relazione causa effetto).

Tenendo sempre presente che c'è una stretta dipendenza tra struttura/funzione delle comunità biologiche e condizioni geomorfologiche e idrauliche del fiume, è molto importante comprendere il River Continuum Concept.

Si propone con tale concept una visione unificante dell'ecologia fluviale che richiama l'attenzione sulla stretta dipendenza della struttura e delle funzioni delle comunità biologiche dalle condizioni geomorfologiche ed idrauliche medie del sistema fisico. Le acque correnti sono quindi soluzioni a composizione variabile secondo il tipo di bacino drenato, della distanza dalla sorgente, del carico inquinante veicolato, della capacità di ossigenazione.

Il corso d'acqua, in tal senso, è costituito da una successione di ecosistemi nella direzione della corrente, popolati da tipiche comunità di organismi vegetali e animali che instaurano strette relazioni fra loro e con i fattori fisici e chimici.

In pratica, il concetto di continuità fluviale fornisce quelle previsioni ecologiche, in base alle quali ci si aspetta che le comunità biologiche possano cambiare, nel passaggio del corso d'acqua da ruscello di sorgente a fiume più strutturato e definito.

① **P/R < 1** - Alveo piccolo, +veg. riparia =ombra e meno alghe (meno P) **Metabolismo Eterotrofico sostenuto da apporti organici terrestri** e comunità di tritutori e collettori.

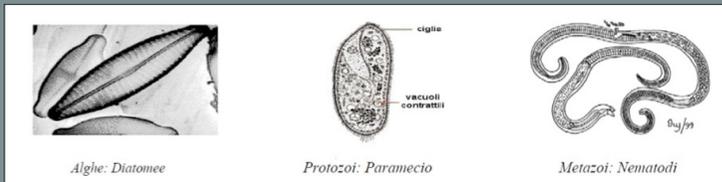
② **P/R > 1** - Alveo più ampio, +luce, +P= **Metabolismo Autotrofo**; meno tritutori più pascolatori

③ **P/R < 1** - Fotosintesi limitata da torbidità dell'acqua (<P) **Eterotrofico** comunità collettori che si nutrono di materia organica fine proveniente dai tratti antecedenti

1



Fonte: CIRF



2



1 L'essenza del processo autodepurante:

La sostanza organica che raggiunge un corso d'acqua, sia essa di origine naturale come foglie, escrementi e spoglie di animali, oppure antropica come i liquami fognari, viene demolita da un gran numero di microrganismi mentre i prodotti della mineralizzazione vengono riciclati dai vegetali.

2 Il primo sistema depurante:

la sostanza organica che raggiunge un corso d'acqua viene demolita dai microrganismi (batteri, funghi) in sostanza minerale che può essere riciclata dalla componente vegetale (microalghe, idrofite). **Batteri, Funghi, Algae Unicellulari, Protozoi (Ciliati e Flagellati, Amebe), Piccoli Metazoi (Rotiferi, Nematodi, Gastrotrichi, Tardigradi, Oligocheti).**

Se in un ecosistema con poca variabilità della struttura fisica nel tempo, la stabilità può essere mantenuta anche senza una marcata diversità biologica, diversamente nell'ambiente fluviale, dove sono presenti marcate variazioni fisiche (es portata), il mantenimento della stabilità richiede un'elevata diversità biologica, e di conseguenza ambientale.

DIVERSITÀ AMBIENTALE > DIVERSITÀ BIOLOGICA > CAPACITÀ AUTODEPURANTE

Un ecosistema acquatico tende ad opporsi ai fattori di trasformazione ambientale per mantenere condizioni costanti. Esso reagisce ad un inquinamento con una serie di meccanismi tali da conservare le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche precedenti la perturbazione. Questo insieme di meccanismi di conservazione viene detto autodepurazione. Quale risposta all'immissione delle sostanze inquinanti, il processo di autodepurazione consiste in una serie di fenomeni che portano alla demolizione delle sostanze responsabili dell'alterazione ambientale.

14 SISTEMI DI DEPURAZIONE BIOLOGICA

La sostanza organica che raggiunge un corso d'acqua, sia essa di origine naturale come foglie, escrementi e spoglie di animali, oppure antropica come i liquami fognari, viene demolita da un gran numero di microrganismi mentre i prodotti della mineralizzazione vengono riciclati dai vegetali.

Il **primo sistema depurante** dei corsi d'acqua è rappresentato dalle multiformi comunità microscopiche costituite da batteri, funghi, alghe unicellulari, protozoi (ciliati e flagellati, amebe), piccoli metazoi (rotiferi, nematodi, gastrotrichi, tardigradi, oligocheti) che formano quella sottile pellicola biologica scivolosa al tatto, il *periphyton*, presente sulla superficie dei ciottoli fluviali. *Algae: Diatomee* *Protozoi: Paramecio* *Metazoi: Nematodi*.

2 MACROINVERTEBRATI
 AMIDE DELLE



1



Molluschi: Unio

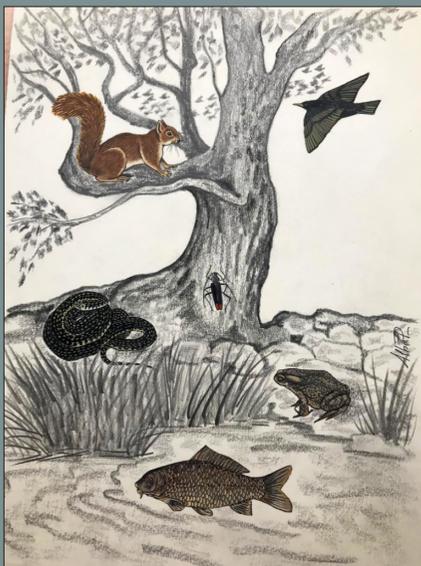
Larva di Tricottero

Larva di Efemerottero



3 VERTEBRATI
 (acquatici e terrestri)
 PIRA

2



1 Il secondo sistema depurante

è costituito da Macroinvertebrati: larve di insetti, insetti adulti, piccoli crostacei, sanguisughe, planarie, molluschi, oligocheti.

I macroinvertebrati interagiscono direttamente col depuratore naturale costituito dagli organismi microscopici

Le specializzazioni alimentari sono innumerevoli: filtratori, trituratori di materiale, erbivori, raschiatori, detritivori.

Il primo sistema di depuratore naturale supporta un **secondo sistema depurante**, costituito da larve di insetti, insetti adulti, piccoli crostacei, sanguisughe, planarie, molluschi, oligocheti. Sono i macroinvertebrati bentonici che fungono da acceleratori e regolatori del processo depurativo e sui quali si basa l'I.B.E. (Indice Biotico Estes), un indice che fornisce la valutazione dello stato ecologico del corso d'acqua. Questi piccoli organismi possiedono diverse "specializzazioni" (detritivori, erbivori, carnivori) attraverso cui riescono ad utilizzare tutte le risorse alimentari disponibili, rispondendo così in maniera flessibile alle variazioni del carico organico.

Tali organismi sono talmente interconnessi tra loro e con la funzionalità ecologica/ambientale e la struttura della comunità fluviale che l'efficienza di ciascun sistema depurante viene potenziata dall'efficienza dell'altro e, inversamente, il danneggiamento di un sistema depurante si ripercuote negativamente anche sul successivo.

Il **terzo sistema di depurazione biologico** è composto dai vertebrati, compresi quelli terrestri, pesci, anfibi, rettili, uccelli, mammiferi che si nutrono dei macroinvertebrati acquatici e contribuisce alla depurazione dell'ambiente fluviale, operando un'ulteriore rimozione di biomassa.

2 Il terzo sistema depurante

è composto da vertebrati.





1 Il quarto sistema depurante è costituito dalla fascia vegetazionale riparia.

La funzionalità dei 3 sistemi è condizionata dall'integrità dell'ambiente terrestre circostante, in particolare delle **fasce di vegetazione riparia**.

Il **quarto sistema di depurazione biologico**, la vegetazione riparia, oltre a fornire cibo ed habitat agli organismi microscopici, ai macroinvertebrati e ai vertebrati, svolge le funzioni di:

Controllo del funzionamento fluviale

- creazione e diversificazione habitat
- controllo del funzionamento trofico
- regolazione temperatura

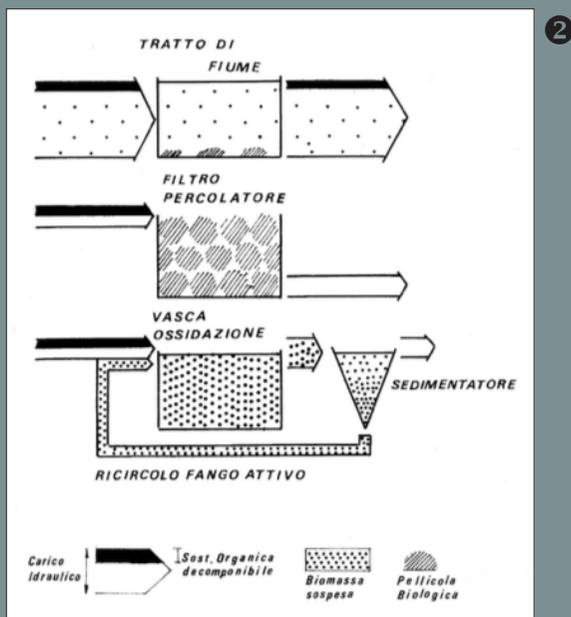
Fascia tampone (protezione ambiente acquatico)

- filtro per sedimenti
- rimozione nutrienti

Interesse ambientale e sociale

- ecotono, creatore di biodiversità vegetale
- habitat per fauna selvatica
- consolidamento sponde
- protezione dalle piene
- funzione ricreativa e paesaggistica

Molto efficace è anche il ruolo della vegetazione acquatica nell'azione di ciclizzazione dei nutrienti.



2 Rappresentazione schematica del carico idraulico ed organico correlato alla distribuzione spaziale della biomassa in un segmento di fiume e in impianti biologici di depurazione.

IMITANDO LA NATURA: DEPURATORI E FITODEPURAZIONE
Imitando la natura, l'uomo ha creato gli impianti di depurazione biologica e la fitodepurazione.

Le capacità autodepuranti dei fiumi spesso non sono sufficienti a risolvere i problemi legati a carichi inquinanti elevati e concentrati nello spazio, tant'è che di frequente i corsi d'acqua diventano collettori fognari a cielo aperto.

L'uomo interviene, anche se in modo ancora insufficiente ed inadeguato, creando ecosistemi artificiali in condizioni estremamente limitate nel tempo e nello spazio: è il caso degli impianti di depurazione biologica a **fanghi attivi**, utilizzati principalmente per il trattamento delle acque provenienti dai collettori fognari.

1



2



3



L'impianto di fitodepurazione

È sostenibile a livello economico (risparmio di energia elettrica) ed ambientale (miglior impatto sul paesaggio, eliminazione di trattamenti di disinfezione).

L'impianto si configura come una zona umida in cui il suolo è mantenuto costantemente saturo d'acqua e consiste in un bacino poco profondo, impermeabilizzato ove necessario, riempito con un idoneo substrato e arricchito da piante acquatiche, come **1 la tifa** (*Typha latifolia*) o **2 la cannuccia di palude** (*Phragmites australis*).

Capacità autodepurative vs disturbo antropico

Perché un corso d'acqua possa mantenere la sua capacità autodepurativa è necessario che si conservino le condizioni che permettono i processi di cui s'è detto!

Gli ecosistemi di acqua dolce sono i più minacciati sul pianeta. Oggi il 60% delle acque in Europa non è in buono "stato di salute".

Ciò perché se ne è permesso un sovra-sfruttamento, causando danni permanenti all'ambiente e alle "fonti" principali; sono state costruite dighe e sbarramenti ovunque, i fiumi sono stati in gran parte "canalizzati", si è coltivato in modo insostenibile prelevando in modo eccessivo le acque che vengono restituite inquinate. Inoltre si continua a tagliare i boschi lungo le sponde dei fiumi e a scavare nel loro alveo.

3 Alcuni esempi di disturbo antropico: sversamenti ed edificazioni in alveo, sbarramenti e degrado ripariale.





1



1 Effetti del cambiamento climatico

TUTELARE PER CONTRASTARE GLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

L'acqua è l'elemento principale attraverso il quale percepiamo e percepiremo gli effetti del cambiamento climatico. Nel 2017, in 4 bacini idrografici italiani (Po, Adige, Tevere e Arno) è stato registrato un calo del 40% delle portate medie annue rispetto alla media del trentennio 1981-2010 e in 6 Regioni richiesto lo Stato di emergenza per carenze idriche. Da uno studio svolto dalla Commissione europea, solo il 43% dei 7494 fiumi monitorati è in un "buono stato ecologico", come richiesto dalla Direttiva Quadro Acque (2000/60/CE), mentre il 41% è ben al di sotto dell'obiettivo di qualità e un 16% non è stato nemmeno classificato. Ancora più grave la situazione dei 347 laghi, di cui solo il 20% è "in regola" con la normativa europea. L'Istituto superiore di sanità evidenzia, inoltre, come "gli effetti del cambiamento globale del clima sulla disponibilità e qualità delle acque, sull'igiene e la gestione dei reflui, colpiscono direttamente la salute.



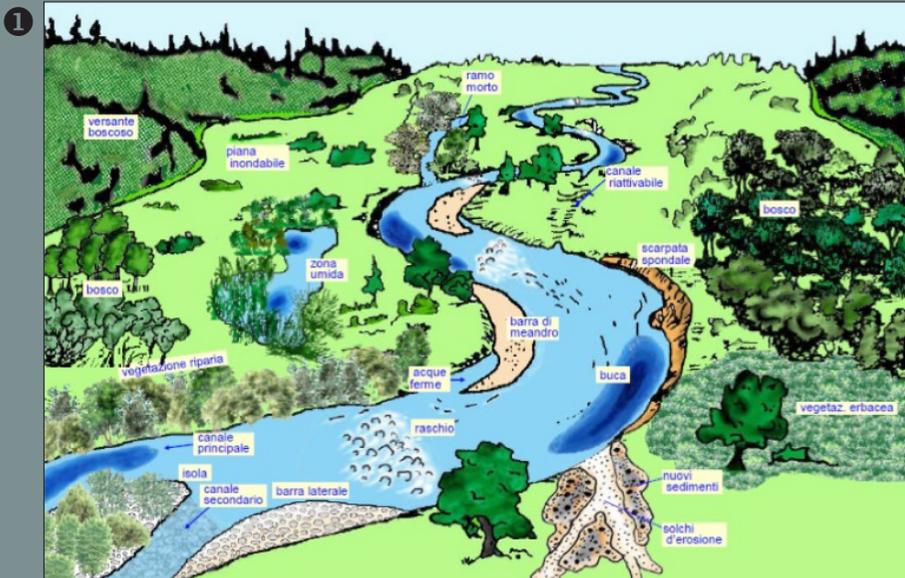
2

2 Lo stato ecologico attraverso la misurazione della qualità: dell'acqua, biologica e idromorfologica.

Tutelare il fiume prima che sia troppo tardi

Un fiume in salute è salute per l'Uomo e per la Terra!
Ed è importante conoscere il suo stato ecologico e intervenire con azioni di riqualificazione fluviale prima che sia troppo tardi!





1 Piana inondabile: dove il disturbo è vita!

L'importanza degli ecotoni ripari (fasce di transizione tra l'ambiente acquatico e quello terrestre) e della biodiversità (eterogeneità, variabilità, connettività) ed il ruolo delle inondazioni e altri "disturbi" idraulici.

2 Curare le zone umide per il nostro futuro: mezzi di sussistenza sostenibili!

3 Esempio di barre di meandro anche dette "point bar".

RAFFORZARE LA RESILIENZA AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

È necessario un cambio di rotta totale sia su scala nazionale sia su scala globale.

La resilienza al cambiamento climatico è rafforzata da servizi ecosistemici sani che si affidano a bacini fluviali ben funzionanti. L'importanza della gestione delle risorse idriche nel ridurre la vulnerabilità e costruire la resilienza al cambiamento climatico.

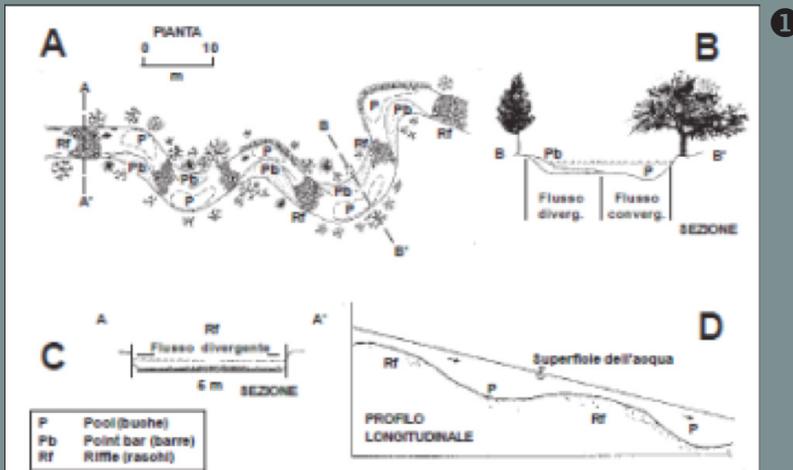
IL VALORE DELLA DIVERSITÀ AMBIENTALE

Nei corsi d'acqua naturali la corrente è continuamente variabile sia nel tempo che nello spazio, si formano così irregolarità morfologiche che restano stabili per un ampio intervallo di portate e si automantengono, come:

- **Buche** (pool): di forma allungata generalmente sul lato esterno delle anse; flusso convergente alle alte portate; bassa velocità alle basse portate; sedimenti fini;
- **Barre di meandro** (o barre a punta, point bar): aree di sedimentazione adiacenti alle buche, sul lato interno delle anse; sezione trasversale asimmetrica;
- **Raschi** (riffle): generalmente nei tratti rettilinei; flusso divergente alle alte portate; elevata velocità e turbolenza, anche alle basse portate; substrato grossolano; sezione trasversale simmetrica; rischio di prosciugamento alle basse portate;
- **Vegetazione riparia**: stabilizza l'alveo, limita l'eccessivo sviluppo della vegetazione acquatica, protegge dall'eccessiva illuminazione e riscaldamento, intercetta, filtra e depura le acque di dilavamento del suolo e fornisce detrito organico (cibo per gli organismi acquatici).

Tale diversità ambientale riveste una particolare importanza per l'ittiofauna. Ciascuna specie ittica, infatti, trascorre la sua esistenza trasferendosi dall'uno all'altro di questi ambienti per compiere le proprie attività vitali (sosta, rifugio, esplorazione, alimentazione, riproduzione).

In linea di massima, le buche e i ricoveri sono utilizzati come



1

1 Nei corsi d'acqua la corrente è continuamente variabile nel tempo e nello spazio, come evidenziato nelle diverse sezioni del corso d'acqua (A,B,C,D).

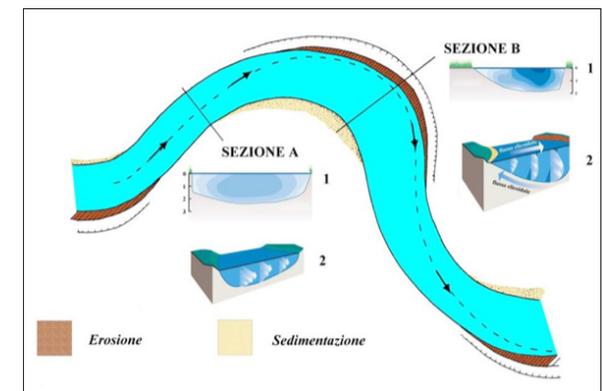


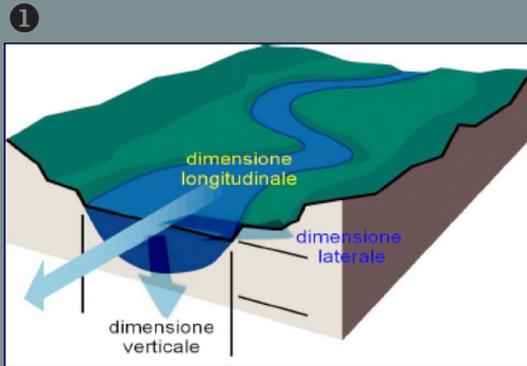
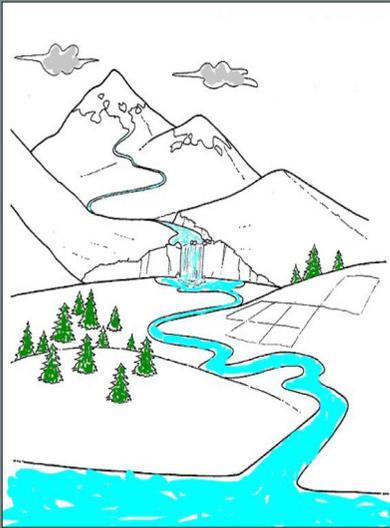
2

2 Evoluzione dei meandri fluviali. Il fiume, scorrendo in zone pianeggianti, crea dei meandri sempre più pronunciati che, in concomitanza di forti piene, possono essere tagliati e restare isolati dal successivo ritiro delle acque.

La linea tratteggiata \rightarrow rappresenta i **punti di maggiore velocità di corrente.**

area di sosta e rifugio ed i raschi per l'alimentazione, mentre le aree di transizione tra buche e raschi forniscono un eccellente habitat per l'ovodeposizione. Inoltre, le esigenze ambientali per ciascuna attività differiscono da una specie ittica all'altra e, all'interno di ciascuna specie, tra i vari stadi di sviluppo. L'ambiente ideale per i pesci è dunque quello caratterizzato da un'elevata diversità, in grado di fornire, in un tratto di alveo non eccessivamente esteso, l'intero mosaico di ambienti necessari alle varie specie ittiche e, per ciascuna di esse, agli individui delle varie classi di età.





1 Un'altra valutazione della diversità ambientale è la **dimensione longitudinale, laterale e verticale**.

Procedendo dalla sorgente alla foce, i parametri ambientali di un ecosistema fluviale non sono sempre gli stessi, infatti:

<p>↓ diminuiscono</p> <p>pendenza</p> <p>velocità di corrente</p> <p>↓ granulometria</p>	<p>↑ aumentano</p> <p>temperatura</p> <p>portata</p> <p>torbidità</p>
---	--

La foce del fiume

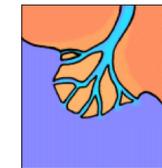
Il punto in cui un fiume termina nel mare si chiama **2 foce**.

Ci sono tre tipi di foce:

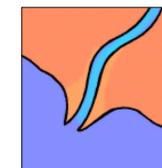


La **foce ad estuario** si ha quando il fiume termina diritto in mare. È quella in cui le sponde del fiume si allargano ad imbuto e si forma quando la forza del mare (onde e flussi di marea) è così violenta che spazza subito via i sedimenti del fiume.

Nel Lazio: Tevere.



La **foce a delta** è la foce nella quale le acque del fiume si dividono in due o più rami, prendendo una caratteristica forma triangolare. Essa si forma quando la corrente del mare (poco profondo) è così debole che non riesce a portar via i sedimenti trasportati dal fiume. I detriti si depositano creando molti canali poco profondi e zone di paludi.



La **foce semplice** è una foce ad un solo ramo, che si forma quando la portata del fiume è ridotta.

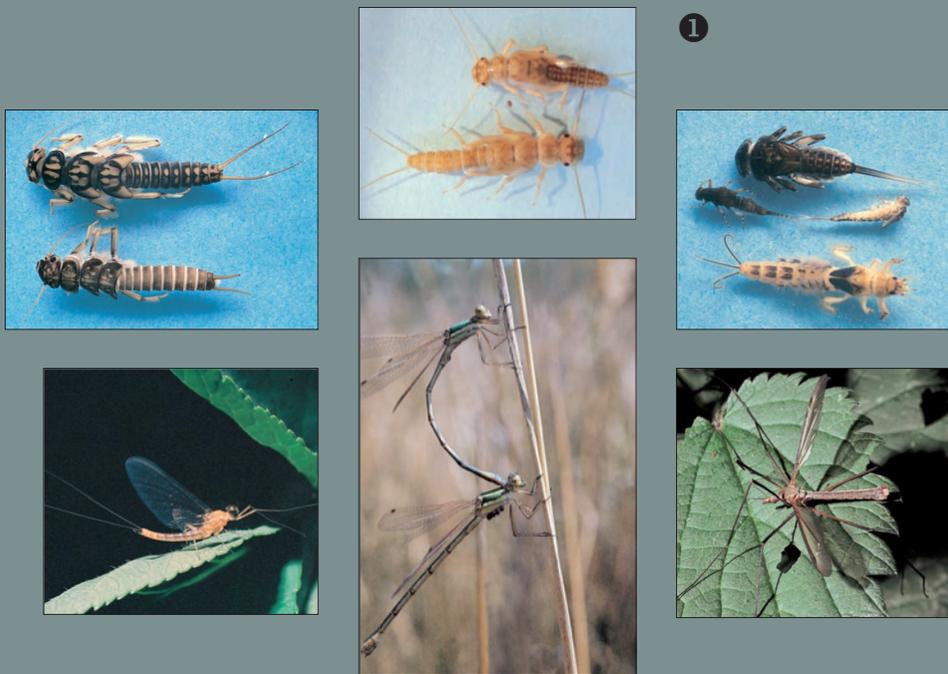


Delta del Po

2



Estuario del Tevere



1

METODI DI VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ AMBIENTALE (IBE, IFF)

Per classificare lo Stato di Qualità Ambientale (D.Lgs. 152/06) si possono utilizzare gli indici già previsti dall'abrogato D. Lgs. 152/99 (come IBE, LIM, SECA e SACA) sperimentare nuovi indicatori biologici, come le diatomee e, per la idromorfologia del fiume, l'IFF (Indice di Funzionalità Fluviale), indicati dal D.Lgs. 152/06 (che recepisce per l'Italia la Direttiva Europea 2000/60) per i quali non sono ancora stati indicati metodi e indici precisi.

1 I metodi basati sulla valutazione della diversità e sull'analisi della struttura della comunità del macrobenthos, sono strumenti semplici ed affidabili per la determinazione della qualità delle acque, e per il mappaggio di reticoli idrografici.

La valutazione della qualità e dell'integrità di un sistema acquatico attraverso l'esame degli organismi che esso ospita, deriva dall'applicazione del principio generale secondo cui "ambienti analoghi o complessi ecologici equivalenti, determinano la presenza di popolamenti simili, cioè statisticamente poco differenti".

È quindi prevedibile che in un corso d'acqua l'inquinamento provocherà un cambiamento nella struttura della comunità tanto più marcato quanto maggiore sarà il disturbo antropico. L'Indice Biotico Esteso (I.B.E.), per le acque italiane fatto da Ghetti (1997) è solo l'ultima delle numerose evoluzioni delle diverse versioni di indici che sono state sviluppate fin dall'inizio del secolo scorso.

Tabella di conversione dei valori I.B.E in classi di qualità (Ghetti 1997)

2

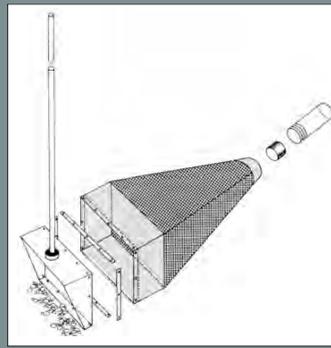
CLASSI DI QUALITÀ	VALORE DI I.B.E	GIUDIZIO	COLORE DI RIFERIMENTO	RETINATURA DI RIFERIMENTO
Classe I	10-11-12	Ambiente non inquinato o non alterato in modo sensibile	azzurro	
Classe II	8-9	Ambiente con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione	verde	
Classe III	6-7	Ambiente inquinato o comunque alterato	giallo	
Classe IV	4-5	Ambiente molto inquinato o comunque molto alterato	arancione	
Classe V	1-2-3	Ambiente fortemente inquinato e fortemente alterato	rosso	

IBE

2 Sulla base della composizione qualitativa e quantitativa dei taxa rinvenuti viene calcolato il valore di I.B.E. ($0 \div 13$) che determina l'appartenenza alle **5 classi di qualità**. Ad ogni classe di qualità corrisponde un colore convenzionale (azzurro, verde, giallo, arancione, rosso) che, nella realizzazione cartografica, rappresenta i differenti livelli di qualità delle acque. Questa scala cromatica descrive il progressivo allontanamento da una qualità buona (azzurro) fino alle condizioni di massimo degrado (rosso).



Campionamento I.B.E. (foto Formichi)



Struttura del retino per la raccolta dei macroinvertebrati (Ghetti, 1997)

1

6) Conformazione delle rive		Sx	Dx
- Rive stabili o trattenute da radici arboree e/o massi		25	25
- Rive trattenute da erbe e arbusti e/o con interventi di rinaturazione		15	15
- Rive trattenute da un sottile strato erboso		5	5
- Interventi artificiali		1	1
Intenzione degli apporti trofici			
- e/o vecchi tronchi stabilmente incassati			25
- Presenza di canneto o idrofite			15
- Presenza con deposito di sedimenti			5
- Rive rade e poco estese			1
- Rive libere e mobili con le piene			
- Rive ricche di idrofite			
- Rive ricche di alghe e sagomature			
- Rive ricche di vegetazione uniforme			
Formazione delle rive			
- Rive evidenti		20	20
- Rive nelle curve e/o nelle strettoie		15	15
- Rive ricche di scavo delle rive e delle radici		10	10
- Rive ricche di interventi artificiali		1	1
Caratteristiche della sezione trasversale			
- Presenza di interventi artificiali		10	10
- Presenza di qualche elemento naturale		5	5
- Presenza di corrente laminare		1	1
- Presenza di corrente divisa		15	15
- Presenza di corrente diversificata		25	25
- Presenza di corrente con poco sedimenti		15	15
- Presenza di corrente stabile		5	5
- Presenza di corrente gentile		1	1
Formazione di pozze o meandri			
- Presenza di pozze o meandri		25	25
- Presenza di pozze o meandri		20	20
- Presenza di pozze o meandri		5	5
- Presenza di pozze o meandri		1	1
Caratteristiche in alveo bagnato in acque a flusso turbolento			
- Presenza di gruppi di idrofite		15	15
- Presenza di alghe complessive < del 10%		10	10
- Presenza di alghe ricche di copertura complessiva		10	10
- Presenza di alghe filiformi visibili		5	5
- Presenza di alghe filiformi visibili		1	1
Condizioni idriche dell'alveo			
- Larghezza dell'alveo di morbida inferiore al triplo dell'alveo bagnato		20	20
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata a ritorno frequente		15	15
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata a ritorno stagionale		5	5
- Alveo bagnato inesistente o quasi o presenza di impermeabilizzazioni della sezione trasversale		1	1
PUNTEGGIO TOTALE		<input type="text"/>	<input type="text"/>
LIVELLO DI FUNZIONALITA'		<input type="text"/>	<input type="text"/>

La rappresentazione cartografica dei risultati ottenuti dai campionamenti lungo l'asta fluviale, permette la realizzazione della carta di qualità, che rappresenta graficamente le "condizioni di salute" del reticolo idrografico e consente, con annuali aggiornamenti, la verifica dei risultati degli interventi di risanamento attuati.

IFF

L'indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F.) è stato concepito per essere impiegato in tutti gli ambienti d'acqua corrente; l'unico limite all'applicabilità è rappresentato dagli ambienti di transizione tra acqua dolce e salata.

L'obiettivo principale consiste, - attraverso la descrizione dei parametri morfologici, strutturali e delle componenti biologiche - nella valutazione dello stato di salute dell'ambiente fluviale e dell'eventuale allontanamento dalle condizioni ottimali.

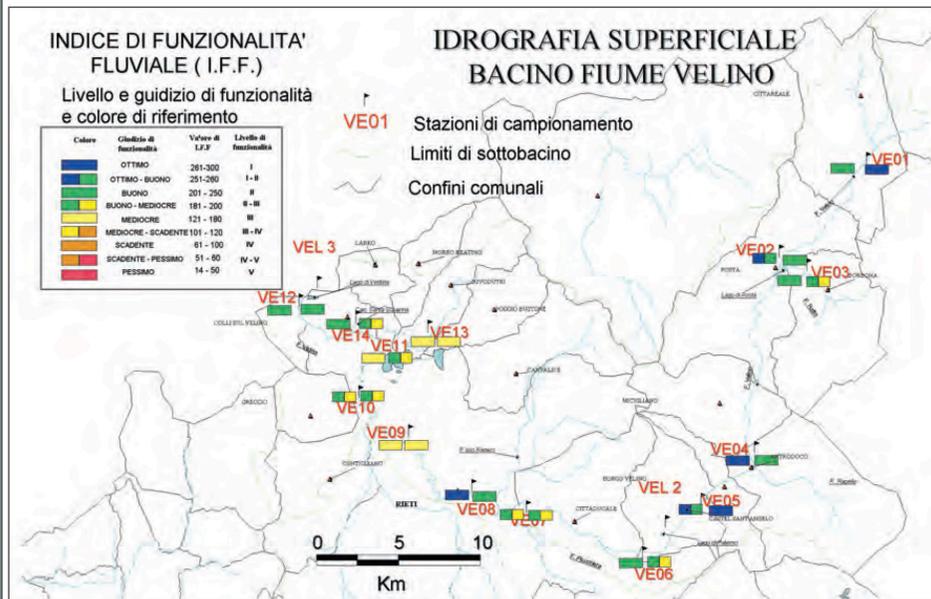
In sintesi, l'applicazione del metodo, permette di valutare l'entità del disturbo all'ecosistema, causato dall'attività umana, ed individuare le priorità d'intervento per le eventuali azioni di risanamento.

Il metodo prevede la compilazione di una **scheda** composta da una parte iniziale, relativa alle informazioni sul tratto di fiume esaminato, seguita da 14 domande, concernenti le principali caratteristiche ecologiche del corso d'acqua.

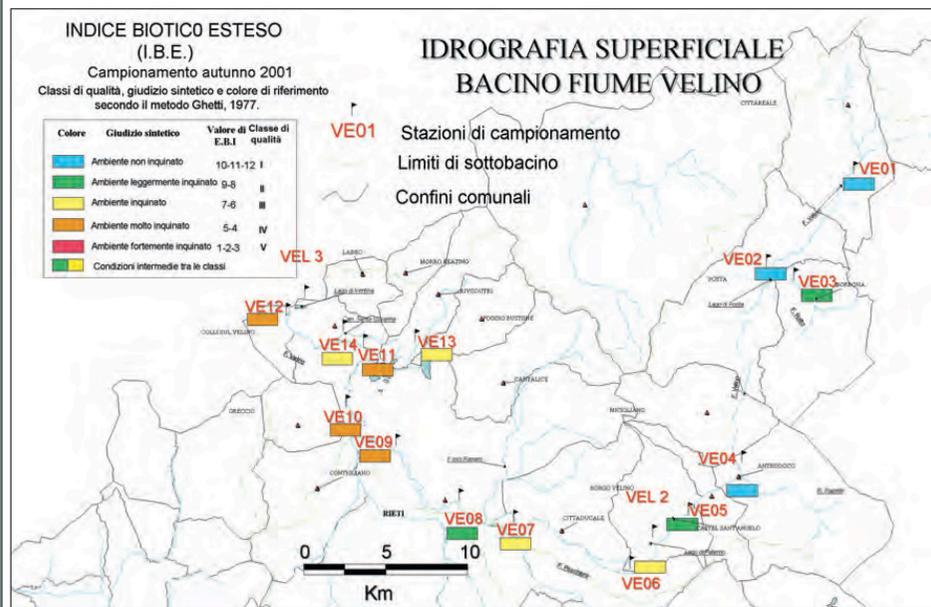
VALORE DI I.F.F.	LIVELLO DI FUNZIONALITÀ	GIUDIZIO DI FUNZIONALITÀ	COLORE
261-300	I	ottimo	blu
215-260	I-II	ottimo-buono	blu-verde
201-250	II	buono	verde
181-200	II-III	buono-mediocre	verde-giallo
121-180	III	mediocre	giallo
101-120	III-IV	mediocre-scadente	giallo-arancio
61-100	IV	scadente	arancio
51-60	IV-V	scadente-pessimo	arancio-rosso
15-50	V	pessimo	rosso

Fonte: Gelosi e Colombari, (2004).

Esempio di carta della qualità ambientale definita con il metodo I.F.F.



Esempio di carta della qualità ambientale definita con il metodo I.B.E.



Fonte: Gelosi e Colombari, (2004).

ZONAZIONE ECOLOGICA: CLASSIFICAZIONE E STATO

Fermo restando la continuità degli ecosistemi, lungo il corso d'acqua possiamo definire delle zone con caratteristiche morfologiche, chimico fisiche e biotiche.

Un fiume, nel defluire da monte a valle, varia le sue caratteristiche mostrando un'evoluzione longitudinale delle strutture geo-morfologiche, delle caratteristiche chimico-fisiche e delle condizioni trofiche.

In termini generali, dalla sorgente alla foce, si ha una **diminuzione** della pendenza, della velocità di corrente e del trasporto solido, mentre **aumentano** torbidità, portata e contenuto di sostanze organiche.

Fattori idroclimatici principali

Gas disciolti - I principali sono CO₂ e O₂. La loro concentrazione è in stretto rapporto con i processi metabolici e con l'origine delle acque.

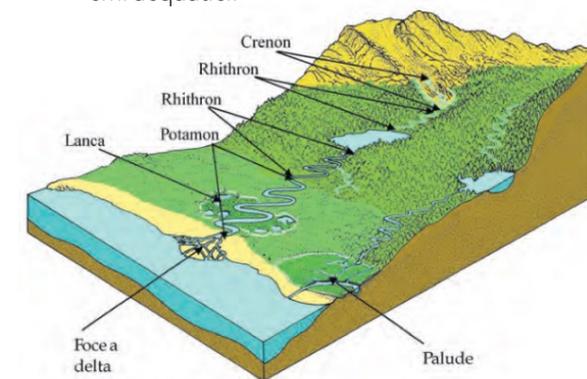
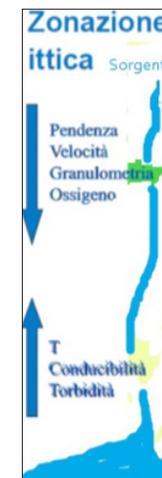
pH - È determinante per la sopravvivenza della vita acquatica. Range: 6,5-8,5

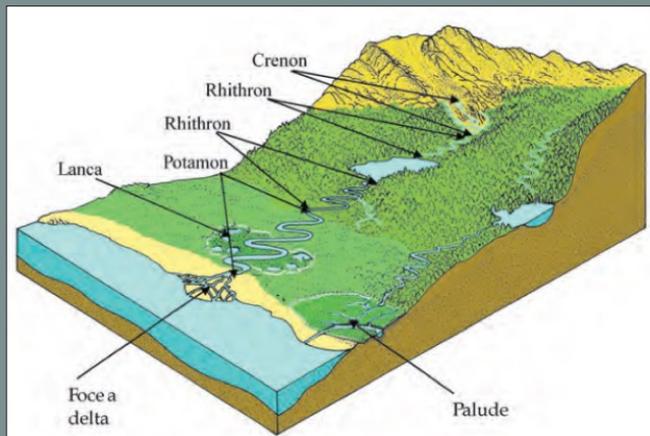
Temperatura - Dipende da: clima locale, ombreggiamento, portata, dighe, scarichi, contatti con la falda. Influenza: metabolismo, cicli vitali, concentrazione gas, stratificazione, ecc.

Conducibilità - In stretta correlazione con il contenuto di Sali disciolti. Può determinare la composizione delle comunità.

Torbidità - Dipende da fattori naturali e antropici. Agisce sulla fotosintesi ma anche sul comportamento di molti organismi acquatici.

☛ La rappresentazione della zonazione dalla sorgente alla foce e le variazioni delle caratteristiche morfologiche, chimico-fisiche e biotiche.





Trota di torrente

Crenon: sorgenti - ruscelli provenienti da sorgenti.

Rhithron: pendenza > 0,15% - temperatura inferiore a 20°C – ossigeno prossimo alla saturazione – formazione di un elevato numero di nicchie ecologiche -organismi stenotermi adattati alla corrente – prevalentemente insetti (plecotteri, efemerotteri, tricotteri,) e sono presenti anche gasteropodi, molluschi, crostacei e ologocheti. A sua volta distinto in: corso superiore dei torrenti, Epirhithron – corsi di 2° ordine – corso medio dei torrenti, metarhithron - corsi di 3° ordine – corso inferiore dei torrenti, Hiporhithron - corsi di 4° ordine.

1 Il tratto superiore di un corso d'acqua è caratterizzato da zona a Salmonidi, secondo la zonazione ittica di Zernian.

2 Un campionamento con elettrostorditore nell'alto corso dell'Aniene (foto Lab. Sper. e Acquacoltura - Univ. Tor Vergata - Roma).

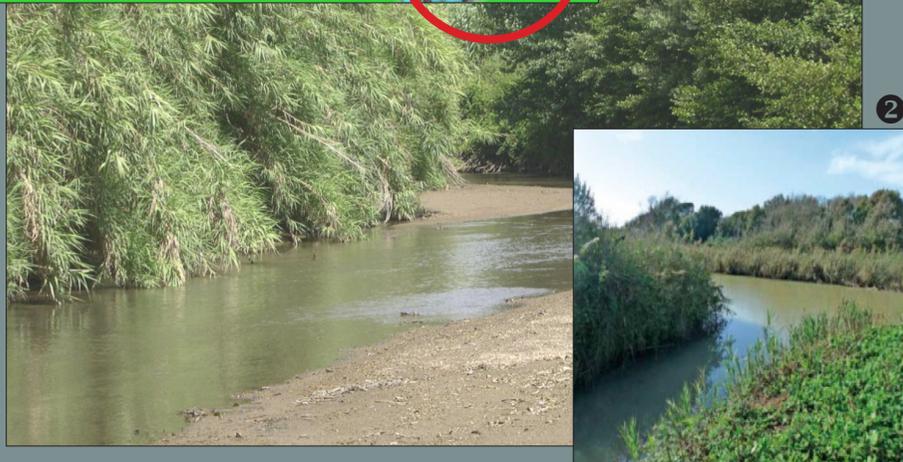
Potamon: pendenza < 0,15% - temperatura estiva superiore a 20-21 °C – concentrazione di ossigeno con cicli giornalieri (sovrasaturazione diurna e sottosaturazione notturna) – costituito da tre habitat differenti praterie, plancton, benthos – presenta una successione stagionale tra specie stenoterme fredde e specie di acque calda – ologocheti, irudinei, molluschi, crostacei (copepodi, ostracodi, cladoceri, gammaridi, asellidi..) insetti (eterotteri, coleotteri, ditiscidi, ...)

- A sua volta anche distinguibile in:
- corso superiore dei fiumi di pianura, epipotemon - corsi 5° ordine
 - corso medio dei fiumi di pianura, metapotamon - corsi 6° ordine e sup.
 - corso inferiore dei fiumi di pianura, hipopotamon - zona d'influenza del mare

ZONAZIONE ECOLOGICA DEI CORSI D'ACQUA

Tratto superiore (o torrentizio)

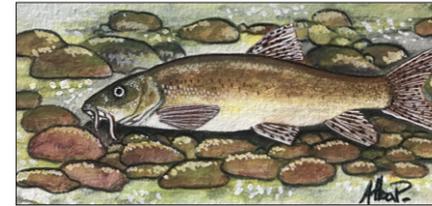
- corrente forte, salti e cascatelle
- substrati con roccia viva e macigni
- acqua fredda e ricca di Ossigeno
- sostanza organica scarsa
- sali minerali poco presenti
- trasparenza assoluta
- P/R < 1 (poche alghe e piante, prevale la fauna)



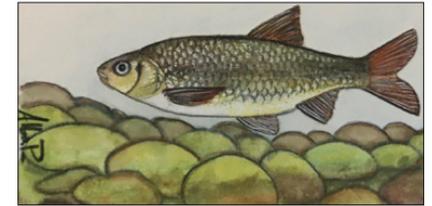
Tratto intermedio (o pedemontano)

1 Il Fiume Mignone nel tratto medio, a valle della confluenza con il Fosso Lenta (foto Stefano Sarrocco)

- minore corrente
- substrato con ciottoli e ghiaia
- aumenta T acqua, O₂ scarso
- sostanza organica elevata
- aumentano le concentrazioni dei sali minerali che concorrono all'eutrofizzazione
- P/R > 1 (l'ossigeno prodotto è maggiore di quello consumato)



Barbo



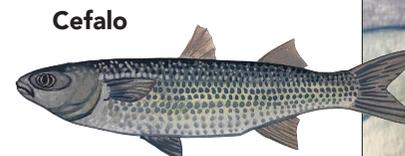
Rovella

Tratto inferiore (o di pianura)

2 Il Fiume Astura a poche centinaia di metri dalla foce.

- bassa velocità
- substrato fine
- aumenta T acqua, O₂ scarso
- sostanza organica elevata
- elevata concentrazione di sali minerali
- P/R < 1 (per processi di eutrofizzazione)

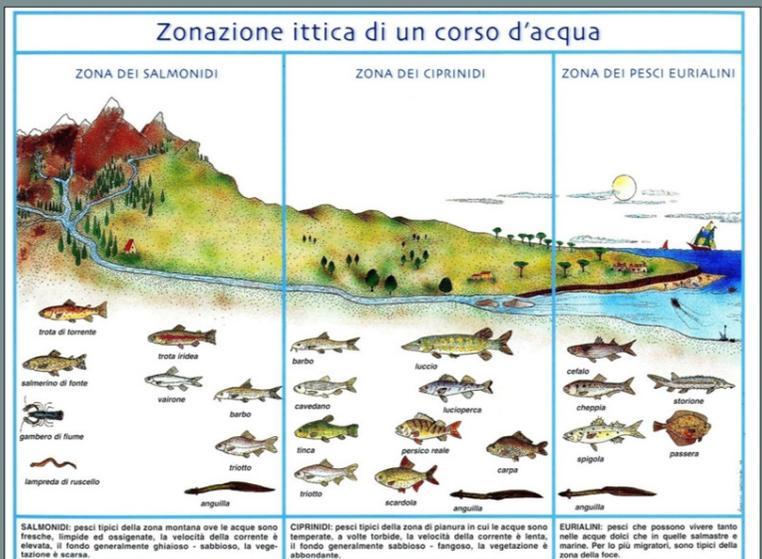
Cavedano



Cefalo



Anguilla



1

ZONAZIONE ITTICA

La zonazione ittica è la suddivisione di un corso d'acqua in zone, la cui denominazione deriva dai pesci che le popolano abitualmente (ad es. zona delle trote, dei ciprinidi, ecc.).

Il concetto di zonazione ittica, proposto da Thienemann (1928) e rielaborato da Huet (1949) e, più recentemente da alcuni autori italiani, prevede la suddivisione longitudinale di un corso d'acqua in zone a comunità ittiche differenti in base a parametri fisico, chimici e biologici o, più semplicemente, in base alle specie ittiche dominanti.

L'individuazione di tratti omogenei con popolamenti ittici caratteristici è fondamentale ai fini di una corretta gestione dell'ittiofauna e rappresenta uno dei punti fondamentali delle Carte Ittiche.

Le classificazioni possono essere diverse proprio perché sono diversi i contesti ove si applicano e con caratteristiche idro-morfologiche che presentano opportunità per determinati popolamenti ittici.

1 Si propone ad esempio una suddivisione **a tre zone:**

Zona a salmonidi

Zona a ciprinidi

Zona a pesci eurialini (Mugil, Liza e Atherina).

2 In altri casi si è suddiviso in **quattro zone:**

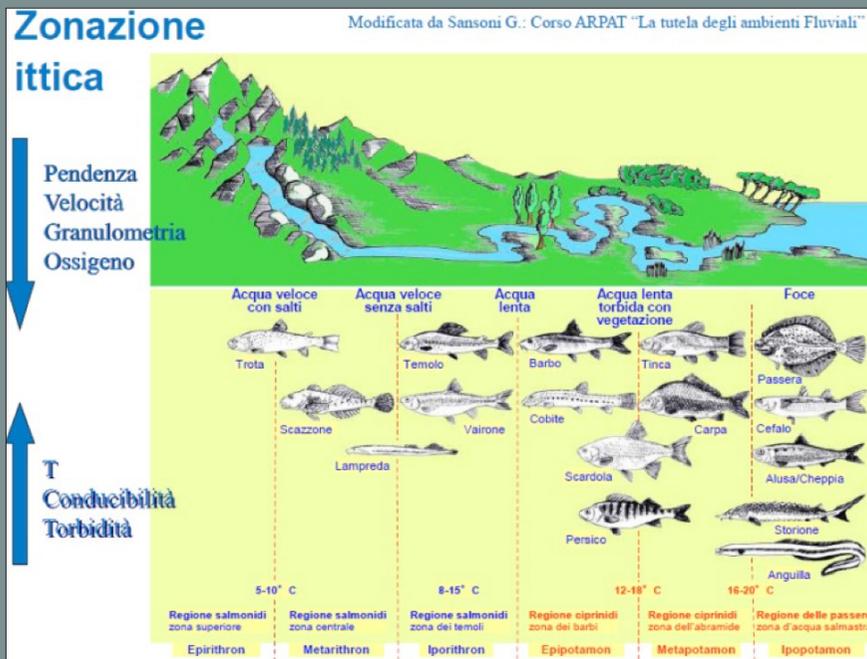
Zona dei Salmonidi

Zona dei Ciprinidi a deposizione litofila

Zona dei Ciprinidi a deposizione fitofila

Zona dei Mugilidi

Spesso ci si riferisce (soprattutto nell'ambito della pesca sportiva) alla Zona dei Salmonidi come Acque a Salmonidi, mentre ad entrambe le zone dei ciprinidi come ad Acque a Ciprinidi ed alla Zona dei Mugilidi come Acque salmastre.



2



In conclusione

A fronte di importantissime caratteristiche ecologiche, il **corso d'acqua** - da semplice acqua che scorre in un alveo (usato e sfruttato spesso nel peggiore dei modi) - ad habitat complessi, mosaici ecosistemici fatti di preziose (bio)diverse tessere di natura biotica e abiotica.

Ridiventa quindi tutt'uno con il territorio e con esso scambia energia per il mantenimento della fauna e la flora (acquatica e terrestre) che da esso dipende, a seconda delle caratteristiche stagionali, ambientali e zonali; una successione di ecosistemi, inoltre, che sfumano gradualmente l'uno nell'altro e che sono interconnessi con gli ecosistemi terrestri circostanti (a costituire il «river continuum concept»).

In conclusione è la stessa diversità del corso d'acqua, arricchita in tutto il suo percorso, che permette la presenza di biodiversità ossia *“un elevata variabilità degli organismi viventi di ogni origine, compresi gli ecosistemi terrestri ed altri ecosistemi acquatici e i complessi ecologici di cui fanno parte, inclusa la diversità nell'ambito delle specie e tra le specie e la diversità degli ecosistemi”* (definizione di Biodiversità elaborata durante la Convenzione di Rio del 1992).

“QUANDO AVRANNO INQUINATO L'ULTIMO FIUME, ABBATTUTO L'ULTIMO ALBERO, PRESO L'ULTIMO BISONTE, PESCATO L'ULTIMO PESCE, SOLO ALLORA SI ACCORGERANNO DI NON POTER MANGIARE IL DENARO ACCUMULATO NELLE LORO BANCHE.”
(Proverbio degli Indiani nativi d'America)