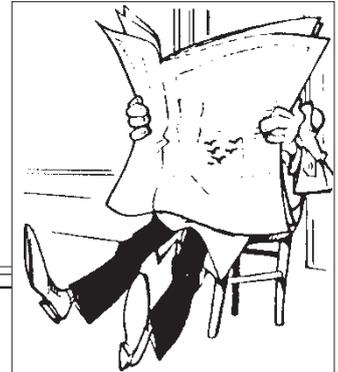

ABSTRACTS



RASSEGNA MONOGRAFICA DI ECOLOGIA FLUVIALE

- [359] 1- The River Continuum Concept
- [360] 2- Question and comments on the River Continuum Concept
- [361] 3- Importance of organic debris dams in the structure and function of stream ecosystems
- [362] 4- Developments in stream ecosystem theory
- [363] 5- Stream management: emerging global similarities
- [364] 6- Nature conservation: the role of corridors
- [365] 7- Toward a classification of lotic habitats

VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., CUMMINS K.W., SEDELL J.R., CUSHING C.E. - 1980

The River Continuum Concept

Can. J. Fish. Aquat. Sci., **37**: 130-137 [359]

I geomorfologi, per spiegare le forme dei fiumi (larghezza, profondità, velocità, carico di sedimenti), hanno elaborato la teoria dell'equilibrio dinamico: i fiumi tendono verso una morfologia e un'idraulica medie, risultanti dalla tendenza a massimizzare l'utilizzo dell'energia e dall'opposta tendenza verso una velocità di utilizzo energetico uniforme.

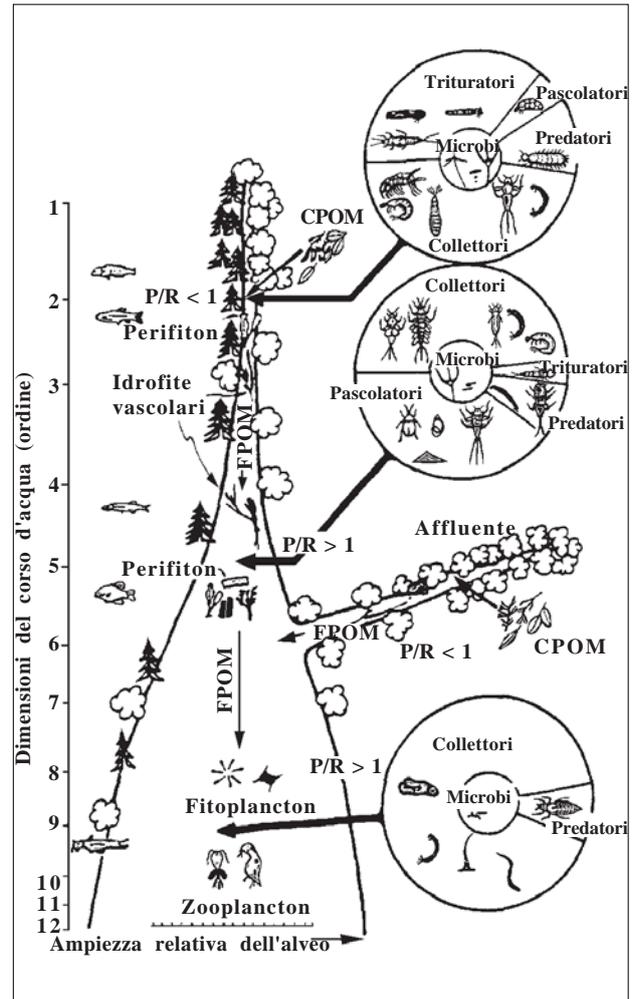
Gli Autori, estrapolando questa teoria al campo biologico, propongono il concetto del "river continuum" ipotizzando che le caratteristiche strutturali e funzionali delle comunità distribuite lungo i gradienti fluviali si adeguino, in ogni tratto, alle condizioni medie del sistema fisico. Le implicazioni del concetto sono numerose e di notevole rilievo.

Nei corsi d'acqua sorgivi (1°-3° ordine) la vegetazione riparia riduce la produzione autotrofica con l'ombreggiamento e fornisce grandi quantità di detrito organico; il rapporto produzione/respirazione (P/R) è quindi < 1 e il corso d'acqua è eterotrofico.

Nei fiumi di media grandezza (4°-6° ordine) l'entità dell'ombreggiamento e l'importanza degli input terrestri (es. foglie) si riducono e sono accompagnate da un aumento della produzione autoctona: il rapporto P/R diviene > 1 e il fiume prevalentemente autotrofico.

Nei grandi fiumi (ordine $> 6^\circ$) l'ombreggiamento della vegetazione riparia è insignificante, ma la produzione primaria è spesso limitata dalla profondità e dalla torbidità: le condizioni ritornano eterotrofiche ($P/R < 1$) e la base alimentare è rappresentata da grandi quantità di materia organica particolata fine (FPOM) proveniente dalla demolizione, nei tratti superiori, dei materiali vegetali.

Il sistema fluviale, dalla sorgente alla foce, può quindi essere considerato come un gradiente di condizioni da un regime sorgivo spiccatamente eterotrofico ad uno autotrofico stagionale e spesso annuale nei



tratti medi e, infine, ad un graduale ritorno all'eterotrofia nei tratti terminali.

Naturalmente, alle altitudini o latitudini più elevate e nelle regioni xeriche, dove la vegetazione riparia è molto contenuta, la transizione all'autotrofia può verificarsi anche in corsi d'acqua di 1° ordine. Analogamente, fiumi profondamente incisi (a canyon) possono essere eterotrofici per l'ombreggiamento dovuto dalla ripidità delle sponde.

Viene ipotizzato che gli adattamenti morfologico-funzionali dei macroinvertebrati riflettano questa variazione del tipo e localizzazione delle risorse alimentari che si accompagna alle variazioni dimensionali del fiume.

I trituratori, che utilizzano la materia organica particolata grossolana (CPOM, > 1 mm), sono quindi abbondanti nei piccoli corsi d'acqua. I collettori di

particolato fine (FPOM, 50 μm -1 mm) e ultrafine (UPOM, 0.5-50 μm), abbondanti nei corsi d'acqua piccoli e medi, diventano dominanti nei grandi fiumi, perché in essi la materia organica prevalente è FPOM e UPOM. I raschiatori di substrato (pascolatori) abbondano solo nei tratti autotrofici, quindi nei fiumi di media grandezza. La componente dei predatori — una piccola frazione della comunità— è piuttosto insensibile alla dimensione del fiume.

Come conseguenza dei processi fisici e biologici, dunque, la dimensione del materiale organico trasportato diviene progressivamente più piccola lungo il continuum e la struttura della comunità fluviale si adatta ad una più efficiente assunzione delle particelle più fini.

I pesci dei tratti montani si nutrono prevalentemente di invertebrati e quelli dei tratti medi anche di altri pesci; solo nei grandi fiumi compaiono alcune specie planctivore, come riflesso della natura semilenticola di queste acque.

La stabilità dell'ecosistema fluviale può essere vista come una tendenza a ridurre le fluttuazioni del flusso energetico mentre, a dispetto delle variazioni ambientali, la struttura e la funzione della comunità vengono mantenute. Ciò implica che in ambienti con ampie fluttuazioni (es. tratti fluviali con ampie escursioni termiche) la comunità biologica possa assumere un'importanza critica nella stabilizzazione dell'intero sistema.

In questa interpretazione, la stabilità dell'ecosistema è ottenuta attraverso un equilibrio dinamico tra le forze che contribuiscono alla stabilizzazione (es. strutture di ritenzione della materia organica, filtratori, ciclizzazione dei nutrienti) e forze destabilizzanti (es. piene, fluttuazioni termiche, epidemie microbiche). Mentre in sistemi con una struttura fisica molto stabile la stabilità dell'ecosistema fluviale può essere mantenuta anche con una bassa diversità biologica, nei sistemi con elevate variazioni fisiche il mantenimento della stabilità dell'ecosistema richiede una elevata diversità biologica o, almeno, una elevata complessità biologica.

Ad es. in tratti fluviali soggetti ad ampie escursioni termiche giornaliere gli organismi saranno esposti per la maggior parte del tempo a temperature subottimali, ma il numero di specie che —almeno temporaneamente— trova la temperatura ottimale sarà molto più ele-

vato che in tratti con escursioni termiche minime; così, al variare della temperatura, entreranno in azione specie diverse, ma l'attività biologica complessiva risulterà sostanzialmente stabile.

Poiché l'escursione termica giornaliera massima si registra nei fiumi di media grandezza, è in questi che si trova la massima diversità biologica; nei tratti sorgivi questa è minore perché le comunità comprendono specie stenoterme ed aventi una base alimentare più ristretta; nei grandi fiumi, invece, le variazioni termiche —e quindi la diversità biologica— sono più contenute per l'effetto tamponante dei grandi volumi idrici. Naturalmente la temperatura non è il solo fattore responsabile dei cambiamenti nella struttura della comunità: essa è solo uno dei più semplici da visualizzare. Altri fattori importanti e che manifestano cambiamenti prevedibili procedendo verso valle sono l'influenza della vegetazione riparia, la granulometria del substrato, la portata, la base alimentare.

Mentre i corsi d'acqua naturali devono tendere verso un flusso di energia costante su base annua, i principali substrati organici variano stagionalmente: il detrito vegetale sostiene le catene alimentari autunnali ed invernali e fornisce FPOM per i consumatori durante le altre stagioni; la produzione primaria rappresenta spesso la principale base alimentare nei mesi primaverili ed estivi.

Le comunità biologiche formano una sequenza temporale sincronizzata di sostituzione di specie: quando in un particolare microhabitat una specie ha completato il suo ciclo di sviluppo, essa viene rimpiazzata da altre specie che svolgono essenzialmente la stessa funzione, differendo principalmente per la stagione di crescita.

Questa continua rotazione di specie spiega la tendenza del sistema biologico a sfruttare al massimo l'energia disponibile (minimizzandone le perdite) e a mantenere costante nel tempo il consumo energetico. Questo equilibrio dinamico si realizza attraverso l'immagazzinamento (ritenzione fisica e produzione di nuova biomassa) e la perdita di energia (trasporto verso valle). Le comunità poste a valle sono strutturate per sfruttare l'inefficienza del tratto a monte: le perdite di questo divengono entrate per il tratto successivo.

In ogni tratto, parte della materia organica è processata, parte è conservata e parte è rilasciata. Le

comunità distribuite lungo un fiume sono strutturate in modo da minimizzare le variazioni della struttura e del funzionamento del sistema. Ad es. i materiali più facilmente trascinabili, come il detrito flocculento fine, richiede di essere processato in modo più efficiente sia durante il suo trasporto che dopo la sua deposizione nei sedimenti: così nei tratti a valle la ritenzione è accentuata dalla formazione di comunità specializzate di collettori.

La minimizzazione della variazione del flusso di energia è dunque la risultante dell'accoppiamento tra le variazioni stagionali di input energetici (detrito e produzione autotrofica) e gli aggiustamenti nella diversità di specie, nelle specializzazioni alimentari, nelle variazioni temporali dei gruppi funzionali e nei processi di erosione-deposito e trasporto-immagazzinamento caratteristici dei corsi d'acqua.

Un corollario dell'ipotesi del continuum fluviale è

che i sistemi biologici possono essere visti in un modo indipendente dal tempo. Il concetto dell'invarianza temporale permette l'integrazione della struttura e funzione della comunità lungo il fiume senza l'illusione che, in una data sezione, siano osservabili stadi di una successione temporale.

Il concetto delle successioni biologiche è di scarsa utilità nei fiumi perché le comunità sono una eredità continua piuttosto che una isolata composizione temporale di specie. Il concetto di eredità implica che in un sistema fluviale l'assenza totale di una popolazione sia rara: i subsistemi biologici sono slittamenti spaziali (come il sovrapporsi, sfalsato, di una serie di curve normali di abbondanza di specie, in cui in ogni punto sono presenti tutte le specie, ma la loro abbondanza differisce da un punto all'altro) e non temporali nel senso tipico delle successioni vegetali.

G.S.

STATZNER B., HIGLER B. - 1985

Question and comments on the River Continuum Concept

Can. J. Fish. Aquat. Sci., **42**: 1038-1044

[360]

Gli Autori, pur considerando il river continuum concept (RCC) uno schema concettuale utile per interpretare le variazioni di struttura e funzione delle comunità fluviali procedendo dalla sorgente alla foce, ritengono che alcuni suoi principi siano infondati o non generalizzabili.

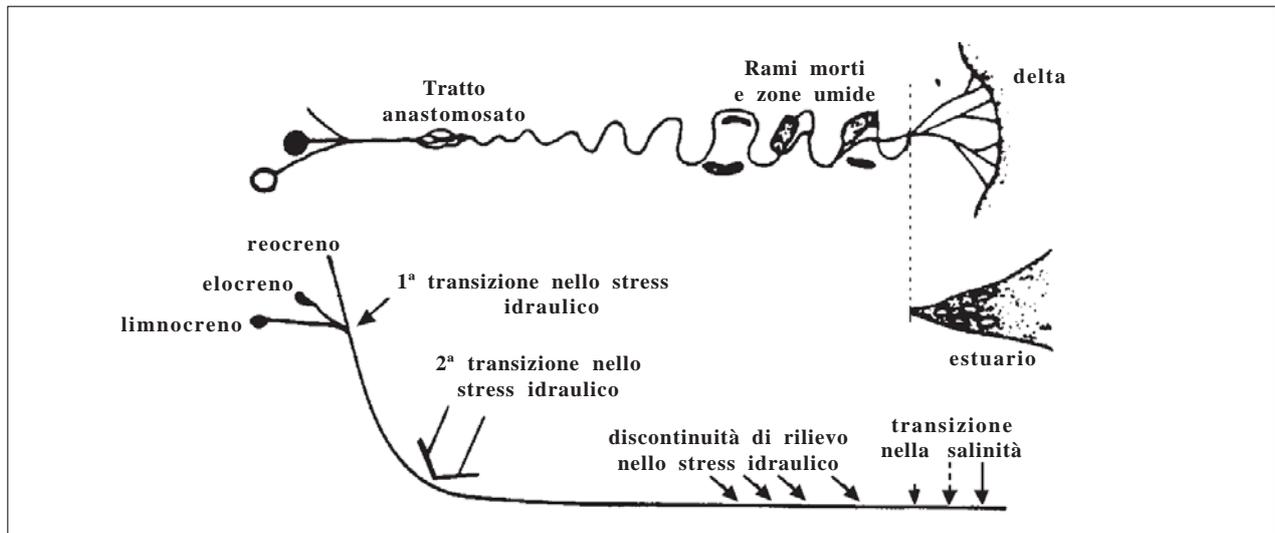
In primo luogo essi avanzano osservazioni di carattere generale: occorre una caratterizzazione fisica più accurata di ciascun tratto fluviale poiché questa non è necessariamente definita in maniera esaustiva ed univoca dall'ordine del corso d'acqua; la classificazione dei macroinvertebrati in gruppi alimentari funzionali, pur rappresentando un contributo fondamentale, pone qualche problema pratico perché la loro dieta può variare con l'età e con la località; il RCC non considera i fiumi veramente "naturali e indisturbati" (oggi praticamente inesistenti), ma corsi d'acqua in condizioni relativamente naturali; il "continuum" graduale dalla sorgente alla foce, nella realtà

concreta è fortemente disturbato dall'immissione di affluenti, dall'interposizione di laghi, zone umide, anomalie di pendenza dovute a fattori geologici o tettonici, ecc. Gli Autori passano poi ad una critica puntuale di 5 principi del RCC.

1° - Equilibrio energetico del sistema fisico e suo analogo biologico

Secondo i principi fisici dell'equilibrio dinamico, l'energia spesa per unità di lunghezza e di superficie dell'alveo tende all'uniformità: ciò spiega la tendenza al raggiungimento del profilo longitudinale di equilibrio. Tuttavia molti fiumi sono lontani dal profilo d'equilibrio per la presenza di più livelli di base (es. laghi) o anomalie tettoniche; un'ulteriore complicazione deriva dalla presenza di numerosi regimi idrologici differenziati.

Cosa significa il principio, espresso dal RCC, della tendenza dell'ecosistema fluviale all'uniformità del



flusso di energia su base annua? Implica un'unità energetica del sistema fisico e biologico? Se sì, ciò significa che le variazioni annuali del flusso energetico fisico (es. portata) sono controbilanciate dal flusso energetico biologico, in modo che è la loro somma (flusso biologico + fisico) che tende all'uniformità? Questo principio, dunque, richiede chiarificazioni.

Inoltre, esaminando i dati di 16 stazioni fluviali e calcolando diversi parametri idraulici (potenza spesa per unità di lunghezza e di superficie, sforzo di taglio, turbolenza, ecc.), non si rileva una chiara ed uniforme tendenza nel loro andamento da monte a valle.

Per dimostrare la relazione tra geomorfologia (es. pendenza) ed ecologia degli invertebrati acquatici viene suggerito di prendere in considerazione un altro parametro —lo spessore dello strato laminare sul fondo dell'alveo— in quanto indicatore più rappresentativo dello "stress idraulico" che agisce direttamente sui macroinvertebrati. Infine, in uno schema di corso d'acqua "ideale", vengono individuate diverse discontinuità principali nello stress idraulico (vedi figura), una situazione che contrasta palesemente con l'idea di un "continuum".

2° - Andamento dell'entropia

Il RCC postula che l'organizzazione biologica nei fiumi si adatti strutturalmente e funzionalmente all'andamento della dissipazione dell'energia cinetica del sistema fisico. Tuttavia sia il rapporto fotosintesi/respirazione (concetto termodinamico di entropia) che la diversità biologica (concetto di entropia della teoria dell'informazione) mostrano un massimo nel tratto

intermedio dei fiumi, in contrasto col il continuo aumento di entropia nel sistema fisico. D'altronde, se il principio intende riferirsi semplicemente alla ben nota tendenza degli organismi (tutti i sistemi viventi sono neghentropici), allora esso diviene superfluo.

3° - Sequenza temporale del rimpiazzo di specie e utilizzazione degli input di energia

Questo principio è applicabile solo ai corsi d'acqua di aree geografiche soggette a distinte variazioni stagionali dei fattori abiotici; nei regimi equatoriali tutte le principali specie di un fiume sono presenti nell'intero arco dell'anno (sebbene siano evidenziabili andamenti ciclici).

Un'altra questione è se i popolamenti bentonici fluviali giochino veramente il ruolo, postulato nel RCC, di massimizzare il consumo di energia (il che equivale a minimizzare l'esportazione della materia organica). Recenti studi, infatti, mostrano che in condizioni di portata normale la distruzione sperimentale della fauna porta ad una riduzione dell'esportazione: in altre parole, i macroinvertebrati diminuirebbero l'efficienza dell'ecosistema fluviale.

4° - Assenza di successione temporale

Se eventi catastrofici possono causare aumenti o perdite di specie, allora bisogna ammettere che le comunità biologiche fluviali si ristabiliscano attraverso una successione temporale, analogamente a quanto avviene negli ecosistemi terrestri dopo frane, incendi, eruzioni. Non sempre, quindi, le comunità fluviali possono essere viste come indipendenti dal tempo.

5° - *Andamento della diversità biologica*

Il RCC, partendo dalla considerazione che l'elevata diversità ambientale determina una elevata diversità biologica, postula un massimo di quest'ultima nel tratto intermedio dei corsi d'acqua; a supporto di questa affermazione viene riportato l'esempio delle variazioni giornaliere di temperatura che, effettivamente, sono più elevate nel tratto intermedio.

Appare però improbabile che tutti gli altri fattori (influenza riparia, substrato, portata, cibo, ecc.) esibiscano il loro massimo di variabilità esattamente nel tratto intermedio. Vi sono inoltre evidenze di corsi d'acqua nei quali la diversità biologica è quasi costante (indifferentemente dall'ordine fluviale) e di altri nei

quali essa cambia bruscamente non in relazione con l'ordine.

In conclusione, le analogie biologiche dell'equilibrio energetico nel sistema fisico sono più complicate di quanto postuli il RCC. Gli Autori suggeriscono di rivedere il RCC eliminando da esso i 5 principi sopra discussi, al fine di accrescerne la flessibilità e il campo di applicabilità. Ciò non scalfirebbe i contributi principali del RCC, che riguardano la fotosintesi, la respirazione, lo stato della materia organica e la corrispondente organizzazione funzionale della comunità biologica fluviale.

G.S.

BILBY R.E., LIKENS G.E. - 1980

Importance of organic debris dams in the structure and function of stream ecosystems

Ecology, **61** (5): 1107-1113

[361]

I piccoli corsi d'acqua montani sono fortemente dipendenti dal territorio circostante per gli apporti di materia organica sotto forma di frammenti vegetali grossolani (CPOM) che vengono poi ridotti a particolato fine (0,5-1000 μm : FPOM), a materia organica disciolta (< 0,5 μm) e, infine, a CO_2 .

Man mano che aumentano le dimensioni del corso d'acqua, si riduce l'importanza degli apporti terrestri e aumenta quella della produzione autoctona fotosintetica e della FPOM proveniente dai tratti a monte; a questi cambiamenti della fonte d'energia si accompagnano cambiamenti della struttura della comunità.

La capacità dei piccoli corsi d'acqua di demolire il particolato organico grossolano in particelle più fini è ben documentata; meritano di essere approfonditi i meccanismi che consentono la ritenzione del CPOM anziché il suo trasporto verso valle.

Il principale dispositivo di ritenzione sembra essere costituito dagli accumuli di frammenti vegetali (rami,



foglie) che si incastrano nel substrato intrappolando poi altri frammenti fino a formare uno sbarramento del corso d'acqua (*debris dam*), a monte del quale si forma una pozza in cui sedimentano la sabbia e altri materiali fini.

Per studiarne sperimentalmente l'importanza, nel 1977 gli Autori hanno rimosso tutti gli sbarramenti vegetali da un tratto lungo 175 m di un corso d'acqua di 2° ordine, largo 2,8 m e posto immediatamente a monte di una briglia munita di misuratore di portata; in questa operazione vennero rimossi 24 sbarramenti per un totale di 837 kg di biomassa secca. Durante l'anno precedente e quello successivo fu monitorato l'export del carbonio organico disciolto (DOC), del FPOC e del CPOC.

L'export di DOC, che prima della rimozione degli sbarramenti era relativamente costante (media 2,81 mg/l) e insensibile alle variazioni di portata, salì ad una media di 3,84 mg/l e mostrò sensibili incrementi alle

portate più elevate, probabilmente perché la rimozione degli sbarramenti provoca l'esposizione alla corrente, la risospensione e il trasporto di depositi organici sepolti nei sedimenti.

La rimozione degli sbarramenti determinò anche la scomparsa della maggior parte delle pozze e quindi la riduzione della capacità di ritenzione; ne derivarono spiccati incrementi della concentrazione di FPOC, soprattutto alle maggiori portate. A questo risultato contribuì anche l'aumento della velocità della corrente conseguente alla scomparsa delle cascatelle associate agli sbarramenti e alla loro funzione dissipatrice dell'energia cinetica.

L'intervento sperimentale indusse non solo l'ovvia deplezione (del 63%) dello standing stock di CPOC, ma anche la perdita della capacità di ritenzione del corso d'acqua e, quindi, l'incremento dell'export verso valle; complessivamente, l'export di carbonio organico totale aumentò di 2,5 volte.

Gli Autori concludono sottolineando come, soprattutto nei piccoli corsi d'acqua, gli sbarramenti vegetali siano una delle componenti strutturali dell'ecosistema più importanti: senza questi dispositivi di ritenzione il ruscello si comporta quasi come una tubazione in cui gli input si limitano a transitare e vengono trascinati via rapidamente dal sistema.

Naturalmente ciò comporta un aumento dell'input di CPOM nei segmenti fluviali posti più a valle, ma questi ultimi non sono in grado di utilizzarlo in maniera efficiente per la scarsità di invertebrati trituratori e di dispositivi di ritenzione capaci di trattenere i materiali per un tempo sufficientemente lungo da consentirne la demolizione.

Gli sbarramenti vegetali dunque, sebbene si rinven- gano quasi esclusivamente nei piccoli corsi d'acqua, esercitano una notevole influenza su tutta la lunghezza dell'ecosistema fluviale regolando le dimensioni, la quantità e la concentrazione degli input organici.

G.S.

MINSHALL G.W., CUMMINS K.W., PETERSEN R.C., CUSHING C.E., BRUNS D.A., SEDELL J.R., VANNOTE R.L. - 1985

Developments in stream ecosystem theory

Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42: 1045-1055

[362]

Fino agli anni 50 gli studi di ecologia fluviale erano principalmente descrittivi e di natura autoecologica; da allora la ricerca si è indirizzata verso un approccio olistico e sinecologico ed ha prodotto quattro fondamentali contributi alla teoria dell'ecosistema fluviale.

1 - *Passaggio da una visione individualistica ad una olistica*

Dallo studio descrittivo delle comunità di singoli fiumi, viste come entità individuali, si è passati allo studio del metabolismo fluviale (sulla scia dell'approccio del bilancio energetico di Odum) e si è giunti alla visione sintetica del river continuum concept (RCC) che sottolinea gli aspetti unificanti della geomorfologia e dell'idraulica nello strutturare le comunità e fornisce uno schema del funzionamento dell'ecosistema fluviale. I fiumi vengono visti come una serie di sistemi

collegati in senso longitudinale, in cui i processi nei tratti a valle sono influenzati da quelli nei tratti montani. Il RCC ha stimolato la verifica di ipotesi, contribuendo a far progredire l'ecologia delle acque correnti da scienza descrittiva a scienza predittiva.

2 - *Collegamento tra il fiume e il suo territorio*

Numerose ricerche hanno sottolineato la similarità delle comunità tra fiumi che attraversano paesaggi simili ed hanno richiamato l'attenzione sull'importanza degli apporti terrestri (detrito alloctono) sulle dinamiche fluviali. Così, il prendere in considerazione il detrito alloctono (e non più la sola produzione primaria) sposta necessariamente l'attenzione anche sulle caratteristiche fisiche e biologiche del territorio che influiscono sugli apporti organici al fiume: pendenza della valle, profondità e permeabilità del suolo, regime idrologico,

tipo e densità della vegetazione, ecc.

3 - *Sviluppo di idee sulla ciclizzazione della materia organica nei sistemi aperti*

A differenza di quanto avviene nei classici ecosistemi “chiusi” (stagni, foreste), nelle acque correnti il ciclo dei nutrienti non avviene sul posto, ma durante il loro trasporto. Questo accoppiamento tra ciclizzazione e trasporto è stato descritto come “spiralizzazione dei nutrienti” e rappresentato con una spirale in cui un aumento del diametro indica un rallentamento del tasso di ciclizzazione (bassa attività biologica) e un aumento della distanza tra le spire (uno “stiramento” della spirale) indica una riduzione della capacità di ritenzione del detrito (elevato trasporto). I filtratori, catturando il detrito sospeso, aumentano la ritenzione della materia organica impedendone il trasporto a valle; i trituratori, d'altronde, rendono la materia organica più minuta e trasportabile. In un test interbioma del RCC le stazioni di corsi d'acqua di 1°-3° ordine avevano spire ravvicinate —cioè elevata ritenzione— e le stazioni dei fiumi più larghi, di 5°-7° ordine, spire distanziate. La distanza tra le spire era determinata principalmente dalla velocità della corrente e dalla presenza ed efficienza di dispositivi di ritenzione (es. massi, tronchi incastrati).

4 - *Importanza delle interazioni biotiche entro le comunità fluviali*

Uno degli errori concettuali sottostanti alle prime ricerche ecologiche è stata l'idea che i corsi d'acqua, in quanto ambienti altamente variabili, fossero imprevedibili e, quindi, le loro comunità fortemente individualistiche. È emerso, invece, che vi è un alto grado di predittività (dunque di determinismo), sebbene associato ad un certo grado di stocasticità.

Le risposte trofiche alle caratteristiche fisiche previste dal RCC, ad es., sono largamente deterministiche. Oltre alla relativa predittività spaziale (longitudinale) e temporale, va osservato che diverse caratteristiche degli organismi acquatici consentono un rapido recupero dalle fluttuazioni ambientali, minimizzando l'effetto delle perturbazioni: in particolare, la mobilità, i brevi cicli vitali, gli alti tassi riproduttivi, la capacità di infossarsi nel substrato, permettono ai macroinvertebrati di evitare o recuperare l'effetto delle piene. Almeno per lunghi periodi dell'anno, dunque, prevalgono condizioni di equilibrio (perciò deterministiche).

Il fatto che la maggior parte dei consumatori lotici siano generalisti trofici ha condotto a ritenere —in

stretta associazione con la visione stocastica legata all'alta variabilità— che la competizione per il cibo non fosse un fattore determinante nella strutturazione delle comunità fluviali. Il RCC, invece, suggerisce l'importanza delle relazioni trofiche nella strutturazione delle comunità fluviali. In effetti, i consumatori lotici mostrano specializzazioni nelle strutture di procacciamento del cibo; in alcuni casi la competizione per il cibo è stata dimostrata mentre in altri casi è risultata evidente la ripartizione del cibo (che conduce ad una evitazione “controllata” della competizione), basata sulla dimensione delle particelle, sul loro tipo, sulla loro composizione e palatabilità.

L'organizzazione delle comunità di macroinvertebrati (es. ricchezza in specie, ampiezza e sovrapposizione di nicchia, complessità e stabilità della comunità) appare legata alle tipologie ambientali e può perciò essere interpretata come risultante dalle condizioni medie delle variabili ambientali e dal loro grado di variabilità temporale e di eterogeneità spaziale.

Partendo da queste acquisizioni, gli Autori riesaminano e precisano alcuni punti del RCC, in modo da ampliarne il campo di applicabilità geografico e storico. In particolare, mostrano come anche gli scostamenti regionali dallo schema generale del RCC —conseguenti a specifiche condizioni climatiche e geologiche, influenze antropiche, ecc.— siano prevedibili.

• *Influenza degli affluenti*

Laddove gli apporti degli affluenti si scostano dalla normale influenza additiva sulla qualità del corso d'acqua principale, la struttura della comunità può discostarsi da quella prevista dal RCC. Ad es. un affluente che apporti grandi quantità di detrito organico grossolano ad un fiume medio-grande può indurre in questo una comunità simile a quella di un corso d'acqua di ordine inferiore.

• *Litologia e geomorfologia locali*

Lo schema classico di un fiume è quello di un progressivo cambiamento da corsi d'acqua ad elevata pendenza, turbolenti, con substrato roccioso o grossolano a fiumi a debole pendenza, lenti, con substrato sabbioso o limoso e da un alveo piuttosto rettilineo ad uno a canali anastomosati e, poi, meandriiformi. Nei fiumi reali gli scostamenti da questo schema ideale sono frequenti. Per es. nel Salmon River le acque montane a forte pendenza scendono bruscamente in

Caratteristiche geomorfologiche				
	Canyon	Anastomosato	Meandriforme	
PARAMETRO				
Rapporto superficie/portata	Basso	Alto	Medio	
Apporti organici ripari	Bassi	Alti	Medi	
Ritenzione del detrito	Bassa	Alta	Medio-alta	
Superficie bagnata	Bassa	Ampia	Media	

una valle glaciale a debole pendenza e l'alveo passa da diritto a meandriforme ad anastomosato e poi nuovamente a meandriforme, poi diritto e poi anastomosato. È evidente che, oltre alle variazioni idrauliche associate a questi cambiamenti, siano da attendersi corrispondenti variazioni negli input ripari, nella ritenzione della materia organica, negli interscambi con la pianura alluvionale: la direzione di queste variazioni può desumersi dalla figura.

- *Effetti antropici a lungo termine*

Per la comprensione delle dinamiche fluviali è necessario considerare sia la scala spaziale che quella temporale. Ciò è particolarmente importante, vista l'attuale inadeguatezza del nostro concetto di condizioni originali. L'alterazione delle comunità e l'estinzione di specie per responsabilità dell'uomo in tutto il corso della sua storia potrebbero essere molto più consistenti di quanto comunemente si pensi. Vari disturbi antropici come il fuoco, la silvicoltura, il controllo della vegetazione riparia e la rimozione dei tronchi in alveo hanno effetti potenziali a lungo termine nei siti fluviali. Tra le alterazioni che probabilmente esplicano gli impatti principali sugli ecosistemi fluviali vanno ricordate: urbanizzazione, deforestazione, agricoltura, irrigazione, dighe; alterazione dell'alveo per la navigazione, le escavazioni, il controllo delle piene; lo sterminio dei castori, dei bisonti e di altri grandi mammiferi; il pascolo.

Nonostante l'insufficienza delle nostre conoscenze sulle condizioni originarie dei fiumi, l'adozione di una prospettiva temporale molto ampia sta cominciando a contribuire alla comprensione degli ecosistemi fluviali passati e presenti. Alvei laterali, canali anastomosati,

rami morti stagionali possono avere effetti analoghi a quelli degli affluenti. La massiccia e sistematica eliminazione degli ostacoli al deflusso e gli sforzi di canalizzazione su larga scala hanno convertito la maggior parte dei fiumi più grandi del 4°-6° ordine da sistemi altamente anastomosati o meandriformi in sistemi ad un unico alveo, relativamente rettilineo. Tra l'altro, ciò implica che, prima di questa alterazione, l'influenza del territorio ripario dovesse essere molto maggiore.

L'insieme delle anomalie locali e delle loro implicazioni sull'ecologia fluviale suggerisce l'opportunità di apportare ritocchi al RCC per renderlo applicabile a tutti i biomi e a condizioni ambientali estreme o insolite.

Ad es. in alcune foreste africane gran parte del detrito organico grossolano non raggiunge il fiume, ma è processata dai detritivori terrestri nella stagione secca e, all'arrivo delle piogge, è già ridotta a particelle fini; in questi corsi d'acqua, di conseguenza, il gruppo funzionale dei trituratori è ridotto o assente; questa assenza è tipica anche di corsi d'acqua montani instabili, scarsamente ritentivi, in bacini disturbati.

In aree carsiche i fiumi possono iniziare direttamente con grandi dimensioni, per la mancanza dei ruscelli montani; verranno dunque a mancare anche gli effetti che questi ultimi solitamente hanno sui tratti a valle: i fiumi saranno dominati dalla produzione primaria e, dunque, dai gruppi funzionali dei pascolatori (molluschi) e dei collettori-raschiatori, mentre saranno rari i filtratori.

Scostamenti dalle risposte previste dal RCC possono verificarsi soprattutto quando le cause sono distanziate dagli effetti nello spazio e nel tempo: ad es. in

Europa l'acidificazione delle precipitazioni iniziò con la rivoluzione industriale e la deforestazione, in alcuni luoghi, anche 3000 anni fa.

Poiché le dinamiche dell'ecosistema sono strettamente accoppiate alla geomorfologia fluviale, questa deve essere tenuta in considerazione nelle verifiche sperimentali del RCC. Ad es. campionamenti macrobentonici in un grande fiume effettuati solo nei raschi forniscono un'immagine non rappresentativa della

struttura della comunità; in tal caso sono più appropriati campionamenti in aree di sedimentazione.

In conclusione, il RCC riesce a sintetizzare la maggior parte delle moderne visioni dell'ecologia fluviale in una ipotesi di lavoro generale; anche i casi segnalati come eccezioni alla regola non rappresentano altro che variazioni riconducibili allo schema centrale se si tiene conto degli effetti —prevedibili— delle anomalie locali.

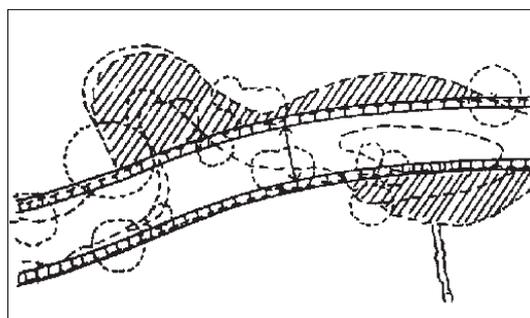
G.S.

PETERSEN R.C., MADSEN B.L., WILZBACH M.A., MAGADZA C.H.D., PAARLBERG A., KULLBERG A., CUMMINS K.W. - 1987

Stream management: emerging global similarities

Ambio, 16 (4): 166-179

[363]



Vengono presi in esame problemi di gestione fluviale in diverse aree geografiche e fornite indicazioni generalizzabili. La qualità e quantità delle acque fluviali è la risultante delle condizioni del suo bacino e, al suo interno, un'importanza cruciale è rivestita dal territorio circostante i corsi d'acqua di 1° e 2° ordine. Ad es. l'85 % del carico solido totale del Rio delle Amazzoni proviene dal 12 % del bacino montano, situato nella parte andina.

Considerate le attuali difficoltà a gestire l'intero bacino è opportuno porsi come priorità la tutela delle zone riparie, le interfacce terra-acqua dalla cui integrità traggono beneficio sia l'ambiente acquatico che quello terrestre. La vegetazione fornisce ombreggiamento (che rinfresca le acque e controlla la crescita delle piante acquatiche), foglie e materia organica, consolidamento delle sponde e tronchi che, incastrandosi nell'alveo, svolgono una importante azione geomorfologica; inoltre filtra i nutrienti provenienti dal territorio, una funzione particolarmente importante nelle aree agricole.

In Danimarca, un territorio prevalentemente agricolo, gran parte dei corsi d'acqua sono stati canalizzati

con gravi conseguenze ecologiche; un grande sforzo tecnologico nella depurazione degli scarichi ha prodotto scarsi risultati perché nel frattempo è aumentato l'inquinamento di origine diffusa. La perdita delle fasce-filtro di vegetazione riparia contribuisce all'eutrofizzazione delle acque poiché aumenta gli apporti ai corsi d'acqua di azoto (principalmente per via subsuperficiale) e di fosforo (principalmente legato alle particelle di suolo e trasportato col ruscellamento superficiale).

La maggior parte dei nutrienti entra nel corso di eventi improvvisi, conseguenti allo scioglimento delle nevi o a forti precipitazioni: un piccolo torrente danese, in sole 24 ore, ricevette un carico organico equivalente a quello di 10 anni di portata normale e uno di nutrienti equivalente a 6 mesi per l'azoto e a 30 anni per il P. Queste considerazioni hanno prodotto una nuova legislazione che fornisce raccomandazioni e incentivi per la protezione delle fasce riparie, per la ricostituzione dei meandri e dei raschi, per metodi di manutenzione volti ad aumentare la diversità ambientale, per riaprire i tratti intubati, ecc.

In un'analogia condizione di sofferenza versano i

corsi d'acqua olandesi, soprattutto per il massiccio spandimento sul suolo di liquami zootecnici; recenti piani di restauro ambientale riguardano aree di pianie alluvionali dei fiumi principali, Mosa e Reno compresi.

In Svezia la capacità delle zone riparie di rimozione dei nutrienti varia da 89 Kg annui/ha di N per un pioppeto a 52 Kg annui/ha di N e 4 di P per una boscaglia umida. Tenuto conto che il costo di rimozione di 1 Kg di nutrienti (N e P combinati) in un impianto di depurazione è di 25 dollari, il valore delle fasce riparie per la loro sola funzione depurante varia da 1370 a 2195 dollari all'anno per ettaro. La scelta del governo svedese di pagare 400 dollari annui/ha agli agricoltori che non coltivano le zone riparie è dunque un buon investimento e, per gli agricoltori, un buon incentivo, visto che la coltivazione produce al massimo grano per un valore di 833 dollari. Ciò che resta da fare è migliorare gli incentivi per il *set aside* delle pianie alluvionali più fertili; una possibile soluzione alternativa è sviluppare colture che producano il minimo disturbo, ad es. alberi a rapida crescita (salici, pioppi, ontani) da tagliare ogni 3 anni per ricavarvi energia.

La gestione ecologica dei fiumi richiede anche di essere impostata su un'ampia scala temporale. Mentre in Europa le alterazioni dei corsi d'acqua datano da molti secoli, rendendo difficile riconoscere le loro caratteristiche originarie, nel Nordamerica le alterazioni sono recenti e meglio documentate e riguardano deforestazione, rimozione degli ammassi di tronchi e ramaglie incastrati nell'alveo, canalizzazione, isolamento dei corsi d'acqua dalle loro pianie alluvionali (dighe, arginature).

L'importanza delle interazioni tra i corsi d'acqua e le loro zone riparie ha condotto gli ecologi all'adozione di un approccio funzionale. Per es., se nei piccoli corsi d'acqua l'ombreggiamento e la stabilizzazione delle rive possono essere soddisfatti anche da una fascia piuttosto stretta di erbe e arbusti, il rifornimento a lungo termine di grossi ammassi legnosi (come habitat per pesci e dispositivo di ritenzione di sedimenti e di detrito organico) richiede il mantenimento di una fascia ben più ampia, comprendente alberi d'alto fusto, ad alcuni dei quali deve essere consentito di raggiungere la maturità e di cadere nell'alveo. Nell'ambito di una strategia complessiva di gestione ambientale è prioritario lasciare indisturbati lunghi tratti di corsi d'acqua montani: è questo il primo passo da compiere per la

protezione delle principali aste fluviali; la protezione dei tratti terminali (sui quali si ripercuotono le alterazioni del bacino montano) sarebbe una vittoria inconsistente.

Un altro requisito di una corretta gestione ambientale è un approccio olistico; senza di esso, la soluzione di un problema può farne sorgere altri.

Ad es. il programma delle Nazioni Unite per combattere l'oncocercosi (una malattia parassitaria che può condurre a cecità, causata da una filaria trasmessa dalla puntura di Simulidi) rischia di produrre a lungo termine sconvolgimenti nell'uso del suolo superiori a quelli verificatisi nel periodo coloniale. Il programma coinvolge 11 paesi dell'Africa occidentale, per un'area superiore a un milione di km², e prevede il trattamento antisimulidi con pesticidi irrorati da elicotteri su 25.000 km di corsi d'acqua.

Il successo del programma per ora è ben lontano, viste le difficoltà di individuare e trattare tutti i rifugi dei Simulidi, dai quali essi ricolonizzano i fiumi trattati. In compenso, oltre alle ripercussioni dei pesticidi sulle comunità fluviali, il successo del programma condurrebbe al sorgere di insediamenti lungo le zone riparie (come è avvenuto nelle aree libere dall'oncocercosi) provocandone un irreversibile degrado, vista anche la particolare vulnerabilità di questi corridoi forestati fluviali nelle aree di savana. A lungo termine, quindi, se i governi e la FAO non integreranno il programma con un piano di protezione delle foreste riparie, l'obiettivo di partenza —che era quello di creare un ambiente più abitabile— potrebbe venire totalmente vanificato.

Un'altra grave e diffusa alterazione dei fiumi derivante dalla miopia degli interventi e dalla mancanza di un approccio globale è l'introduzione di specie ittiche esotiche.

In alcuni casi la soluzione a problemi di gestione è esterna al bacino fluviale. Oltre al ben noto caso del trasporto transfrontaliero dell'inquinamento atmosferico che produce le precipitazioni acide, viene riportato quello dello Zimbabwe. Il taglio delle foreste equatoriali dell'Africa occidentale può ridurre il trasporto di masse d'aria umida alle zone di savana tropicale, accentuandone il processo di desertificazione. Lo Zimbabwe, consapevole della gravità del rischio, ha avviato un programma nazionale di conservazione dei bacini montani e di massiccia riforestazione.

G.S.

HOBBS R.J., SAUNDERS D.A., HUSSEY B.M.T. - 1990

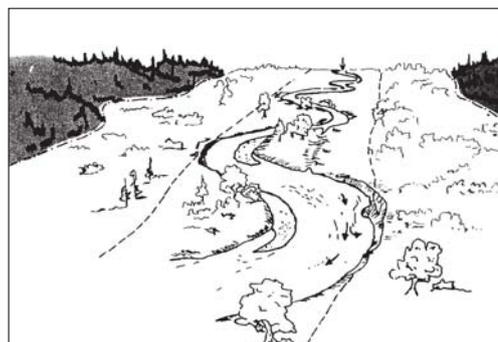
Nature conservation: the role of corridors

Ambio, **19** (2): 94-95

[364]

In molte parti del mondo le attività umane hanno frammentato il paesaggio lasciando solo pochi relitti degli originali ecosistemi; questi relitti costituiscono oggi le sole risorse disponibili per la conservazione.

La conservazione non può limitarsi a proteggere aree isolate, ma deve garantire il collegamento tra esse in modo da assicurare la dispersione delle specie, la ricolonizzazione e il flusso genico; in questa ottica il ruolo di collegamento svolto dai corridoi è essenziale. I corridoi possono essere naturali, come i fiumi e la vegetazione riparia ad essi associata, o artificiali come strisce di terreno lungo strade, ferrovie, ecc.



Studi recenti hanno dimostrato che, in effetti, i corridoi rivestono un ruolo vitale per gli spostamenti di fauna e flora. Da qui l'esigenza prioritaria per la ricerca di redigere inventari regionali dei corridoi esistenti, di sviluppare tecniche di manutenzione che ne preservino il valore ecologico, di monitorarne la qualità, di mettere a punto tecniche di restauro ambientale e, infine, di sensibilizzare l'opinione pubblica e gli amministratori: per il successo della conservazione, infatti, è necessario il concorso di tutti, non solo del mondo scientifico.

G.S.

PENNAK R.W. - 1971

Toward a classification of lotic habitats

Hydrobiologia, **38** (2): 321-334

[365]

I sistemi di classificazione degli habitat lotici sono vari, ma spesso dubbi e inattendibili. Alcuni sistemi utilizzano un singolo parametro chimico per classificare le acque correnti.

Alcuni Autori, lavorando in aree ristrette, suddividono il corso d'acqua, dalla sorgente alla foce, sulla base della distribuzione longitudinale di varie specie di invertebrati indicatori entro un singolo ordine, come Trichoptera, Plecoptera e Ephemeroptera. Altre classificazioni sono basate su associazioni della fauna di fondo. Illies descrive un sistema di classificazione in cui riconosce 8 zone: eucronon, hypocronon, epi-rhythron, meso-, hipo-, epi-, meta- e hypopotamon. Questo sistema di zonazione dovrebbe essere accom-

pagnato da studi faunistici.

Un'altra classificazione eterogenea dei corsi d'acqua è quella di Shelford che identifica corsi d'acqua "intermittenti", ruscelli di sorgente, corsi d'acqua veloci, corsi d'acqua a fondo sabbioso e corsi d'acqua lenti.

Il sistema ideale di classificazione dovrebbe essere di applicabilità universale, ma fino ad oggi non è stato ancora proposto un set di criteri soddisfacente.

Criteri biologici ristretti di classificazione (es. ruscello a *Simulium*, a *Ephemerella*) sono di scarso valore.

Considerato che dalla sorgente alla foce è individuabile una serie longitudinale di habitat aventi diverse

condizioni ecologiche, l'Autore scarta l'idea di trattare l'intero fiume come una singola entità ecologica. Corsi d'acqua geograficamente lontani possono perciò essere correttamente confrontati tra loro solo per tratti aventi una tipologia ambientale analoga. Piuttosto che su criteri biologici tassonomici appare più ragionevole basarsi su un gruppo di parametri fisici e chimici che possono essere determinati universalmente e facilmente, con la consapevolezza che anche corsi d'acqua geograficamente molto distanti, ma aventi caratteristiche abiologiche molto simili, di solito avranno una struttura faunistica simile.

L'autore ritiene che un adeguato sistema di classificazione debba basarsi su un ampio set di criteri e propone almeno 13 parametri chimici, fisici e biologici.

1) *Ampiezza Media*

Esercita una notevole influenza sui popolamenti biologici; in generale corsi d'acqua molto stretti e fiumi molto ampi hanno entrambi popolamenti scarsi, mentre i popolamenti più abbondanti si riscontrano normalmente in habitat lotici tra i 5 e i 20 metri di ampiezza. L'ampiezza media dovrebbe essere calcolata tramite misurazioni effettuate durante i mesi dell'anno in cui il corso d'acqua non è sottoposto a periodi di piena.

2) *Durata del deflusso* (*temporaneo o permanente*)

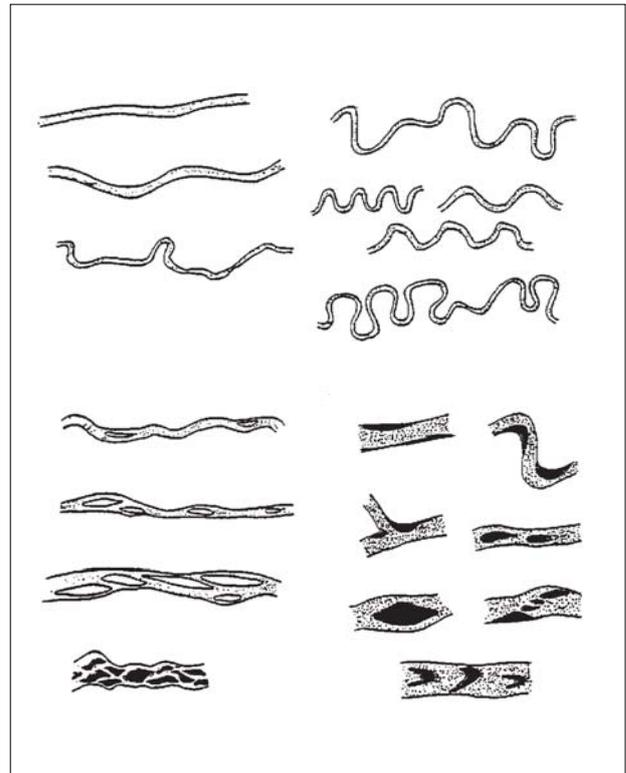
In regioni aride e semi aride molti ruscelli sono "temporanei" e non hanno acqua nel letto sabbioso, ad eccezione di alcune pozzanghere, per 1-11 mesi all'anno. Nei ruscelli temporanei, asciutti per molti mesi, sebbene compaia rapidamente un limitato periphyton, raramente c'è il tempo sufficiente per lo sviluppo di una fauna bentonica tipica. È quindi necessario specificare se il corso d'acqua è "temporaneo" o "permanente".

3) *Corrente*

La velocità media della corrente dovrebbe essere calcolata tramite misurazioni effettuate durante i 10 mesi più asciutti dell'anno. Idealmente la velocità della corrente dovrebbe essere misurata allo 0,6% di profondità dalla superficie, ma ciò risulta spesso impossibile in campo. È perciò sufficiente definire la corrente come "impercettibile" (più lente di 0,5 Km/h) "lenta" (0,5-2,5), "moderata" (2,5- 5), "veloce" (5-10), "torrenziale" (> 10 Km/h).

4) *Substrato*

È forse il singolo fattore di maggior significato



biologico. Molti studi hanno mostrato che il substrato ciottoloso è quello più densamente abitato nei torrenti probabilmente grazie alla presenza di molte nicchie e interstizi. Nei corsi d'acqua larghi, dove la corrente non è veloce, i substrati con melma organica fine e detriti grossolani hanno talora dense popolazioni. Sabbia e fondi di nuda roccia ospitano invece una fauna di fondo rarefatta.

Il substrato può essere distinto in "pietrisco" (particelle da 2,5 a 22,5 cm di diametro), "sabbia" (1/16-2 mm), "limo" (1/256-1/16 mm), "argilla" (<1/256 mm). I substrati argillosi comunque raramente sono mobili; più spesso sono compattati in "fondi duri" privi di interstizi di significato biologico. "Detriti organici grossolani" consistono soprattutto di pezzi di vegetazione alloctona morta superiore a 0,84 mm di diametro.

Un substrato lotico può essere caratterizzato dalla tipologia granulometrica dominante.

5) *Temperatura massima estiva*

Insieme al successivo, è un parametro importante come fattore limitante e approssimativamente separa una fauna di acqua caldo-temperata da una di acqua fredda.

6) *Temperatura minima invernale*

La maggioranza di habitat lotici in montagna e a latitudini sopra i 35° ha temperature minime invernali inferiore a 5 °C.

7) *Torbidità media*

La torbidità è quasi invariabilmente espressa come parti per milioni di terra di Fuller. Un valore medio potrebbe essere calcolato in quei 10 mesi durante i quali l'acqua è più chiara, scartando quindi i dati presi durante le piene primaverili poiché distorcerebbero la media. I range di torbidità sono: eccezionalmente chiara (meno di 10 ppm), chiara (10-50 ppm), leggermente torbida (50-100), torbida (100-500) e altamente torbida (più di 500 ppm).

8) *Salinità totale*

È un indice sommario, ma accettabile, della produttività e della biomassa. Corsi d'acqua con valori elevati sono biologicamente più produttivi. In generale la salinità aumenta procedendo dalla sorgente alla foce.

9) *Sostanza organica totale disciolta*

Le acque naturali contengono un ampio range di materiali organici disciolti i cui effetti diretti sul biota sono scarsamente conosciuti. Essi agiscono comunque come fonte di energia per i batteri, a loro volta importante risorsa alimentare per pascolatori e filtratori. Le abbondanti densità di Metazoi comunemente rinvenibili a valle della zona di recupero di corsi d'acqua inquinati sono presumibilmente il risultato della ricca popolazione batterica; in tali habitat i materiali organici disciolti possono perfino superare i 500 mg/l mentre i torrenti alpini ne contengono meno di 5 mg/l.

10) *Durezza*

A parità di altri fattori i corsi d'acqua con acqua dura hanno popolamenti bentonici più abbondanti. Acque aventi da 0 a 10 ppm di CO legata sono definite "leggere", da 10 a 40 ppm "medie", da 40 a 100 ppm "dure" e oltre i 100 ppm "molto dure".

11) *Ossigeno disciolto*

La stragrande maggioranza di habitat lotici sono sufficientemente turbolenti e poco profondi da impedire la stratificazione dell'ossigeno dalla superficie al fondo; la saturazione dell'ossigeno normalmente varia tra 95 e 105%. In corsi d'acqua lenti con una rigogliosa proliferazione di piante acquatiche sommerse essa può raggiungere o superare il 200% a mezzogiorno quando l'ossigeno proveniente dalla fotosintesi non è liberato

nell'atmosfera così velocemente come è prodotto. Indici di inquinamento "moderato" e "forte" sono comunemente considerate, rispettivamente, le saturazioni da 50 a 80% e da 10 a 50%; in caso di inquinamento "severo" la saturazione può scendere al di sotto del 10%.

Alcuni fiumi e ruscelli lenti, specialmente ai tropici, hanno sviluppi di piante acquatiche talmente densi da formare tappeti continui che annullano la turbolenza superficiale e ostacolano la penetrazione della luce e, quindi, la fotosintesi, conducendo a basse concentrazioni di ossigeno disciolto.

12) *Macrofite radicate*

Fornendo cibo e microhabitat, sostengono biomasse di invertebrati da 3 a 10 volte superiori a quelle di corsi d'acqua simili ma privi di vegetazione acquatica. Le macrofite sono quindi un elemento chiave per la classificazione tipologica di fiumi e ruscelli. Ruscelli freddi, acque torbide e situazioni fortemente inquinate raramente presentano una crescita vegetativa.

13) *Vegetazione riparia dominante*

Benché la biologia di fiumi ampi non sia probabilmente molto influenzata dalla vegetazione riparia, questa influenza notevolmente la fauna di ruscelli e torrenti fornendo agli insetti acquatici cibo e substrati per l'ovoposizione, acque più fresche (ombreggiamento) e più limpide (consolidamento delle sponde e ridotta erosione). Gli apporti annuali di foglie, arbusti decidui e alberi contribuisce in maniera significativa alla struttura trofica delle comunità macrobentoniche.

14) *pH*

L'utilizzo di questo parametro, per differenziare tipologie fluviali, è discutibile poiché in molti habitat lotici il pH varia notevolmente durante il giorno, specialmente se l'acqua è inquinata, ha un'alta attività fotosintetica, variazioni di temperatura o di portata; è invece piuttosto costante nei ruscelli sorgivi e montani.

L'Autore conclude affermando che l'insieme dei parametri proposti consente una efficace classificazione della grande maggioranza dei corsi d'acqua; per certi habitat lotici atipici, inquinati o no, piuttosto che complicare ulteriormente la classificazione introducendo molti criteri chimici addizionali e confusi, conviene trattare queste situazioni chimiche aberranti come problemi speciali.

S.L.