



## La fauna ad invertebrati

BRUNO MAIOLINI · VALERIA LENCIONI

57

Per definizione, gli invertebrati bentonici sono i piccoli animali che vivono, almeno in una fase della loro vita, a contatto con il substrato. Quelli di maggiori dimensioni (che superano cioè il millimetro di lunghezza) prendono il nome di “macroinvertebrati”: tra questi, gli insetti rappresentano sicuramente la componente più importante. Nei torrenti montani prevalgono gli ordini dei ditteri, efemerotteri, plecoteri e tricoteri.

Gli invertebrati dei torrenti montani si trovano a dover affrontare e superare nel corso della loro vita due principali ostacoli, la velocità della corrente ed il freddo, che, in condizioni estreme, possono divenire proibitivi per la vita. Questi ostacoli vengono superati grazie a straordinari adattamenti.

Per quanto riguarda la corrente, si va dall'appiattimento dorso-ventrale del corpo (come negli efemerotteri eptageniidi) alle potenti ventose dei ditteri blefari-ceridi, alle corone di uncini dei ditteri simuliidi. La corrente non è però solo qualcosa contro cui lottare, ma rappresenta anche un continuo flusso di cibo da monte verso valle ed è un ottimo mezzo di dispersione.

Ben più problematico è stato invece sviluppare, nel corso dell'evoluzione, una serie di adattamenti per resistere al freddo. La temperatura è infatti considerata da molti autori come il fattore che più influenza l'ecologia, la distribuzione e l'evoluzione degli invertebrati sia acquatici che terrestri (deposizione e schiusa delle uova, tasso di crescita, accoppiamento, strategia riproduttiva, modelli di attività, regime alimentare, ecc.). Gli invertebrati che vivono ad elevate latitudini ed altitudini hanno adottato varie strategie per superare il lungo e rigido inverno. La presenza della copertura nevosa e/o di ghiaccio, la siccità, il forte vento, le rigide temperature e la scarsità di cibo sono i nemici più temibili. Gli invertebrati che vivono nei torrenti possono sfruttare la corrente per trasferirsi più a valle e quindi sfuggire al pericolo di congelamento o essiccamento, oppure trovare rifugio nelle acque sotterranee. Ma numerosi sono i casi in cui questi organismi superano l'inverno senza spostarsi: la capacità di questi invertebrati, in particolare degli insetti, di sopravvivere in ambienti così severi deriva da una serie di adattamenti fisiologici, biochimici, morfologici, comportamentali ed ecologici: possiamo ricordare la produzione di melanina, la riduzione delle dimensioni, lo sviluppo di fitta peluria, la nutrizione e l'accoppiamento a terra anziché in volo (a cui si associa la riduzione o scomparsa delle ali), la costruzione di bozzoli, la quiescenza, la diapausa e la resistenza al freddo.

Ninfa di plecoteri



Il freddo è una sfida che gli invertebrati dei torrenti montani devono affrontare

La quiescenza è una risposta diretta e temporanea a condizioni sfavorevoli che viene sospesa non appena si ha il ripristino della situazione favorevole, mentre la diapausa è una risposta diretta a condizioni sfavorevoli che, una volta iniziata, non può più essere sospesa fino a quando non sia trascorso un certo periodo. Negli insetti acquatici la diapausa riguarda le uova o le larve mature, più difficilmente le pupe e quasi mai l'adulto. La lunghezza del giorno (fotoperiodo) è uno dei fattori che controllano la transizione da uno stato fisiologico all'altro. In ambiente artico è stato osservato anche il fenomeno della diapausa prolungata, ovvero la possibilità di prolungare anche per molti anni la fase di inattività finché le condizioni ambientali non diventano effettivamente favorevoli (il ciclo vitale di alcuni ditteri della famiglia dei chironomidi può durare fino a 6-7 anni). La resistenza al freddo, ovvero la capacità di sopravvivere esposti a temperature al di sotto dello zero per un periodo prolungato (anche diversi mesi a  $-40/-50^{\circ}\text{C}$ ) senza subire alcun danno, si può ottenere attraverso due strategie: l'ibernazione e il super-raffreddamento. L'ibernazione prevede il congelamento dell'emolinfa e di tutti i liquidi extracellulari, ma non della matrice cellulare. La temperatura alla quale i cristalli iniziano a formarsi e la durata del processo di congelamento sono sotto il controllo di alcune sostanze chimiche, quali polioli, zuccheri, amminoacidi e proteine complesse ad alto peso molecolare chiamate THPs (Thermal Hysteris Proteins). Queste sostanze, nel loro complesso, abbassano il punto di congelamento dei fluidi corporei aumentandone la densità



La corrente: un ostacolo per gli invertebrati ma anche un efficace mezzo di dispersione

e, formando legami con le molecole d'acqua, riducono la possibilità di formazione dei cristalli di ghiaccio.

Il "risveglio" primaverile è in genere un processo molto veloce e le stesse sostanze che hanno permesso l'ibernazione rappresentano una fonte di amminoacidi e carbonio alla fine del disgelo, quando nell'ambiente le risorse di cibo possono essere ancora scarse. Per gli insetti ibernanti la morte sopraggiunge quando l'esposizione a molti gradi sotto lo zero ( $-30/-50^{\circ}\text{C}$ ) si protrae per molti mesi consecutivi o se vengono esposti a temperature ancora più basse ( $-60/-80^{\circ}\text{C}$ ) anche per brevissimi periodi o ancora se si dovessero verificare più cicli consecutivi di gelo e disgelo.

Il super-raffreddamento, più comune tra gli insetti acquatici, consente la sopravvivenza in ambienti in cui la temperatura scende al di sotto dello zero (al massimo  $-20^{\circ}\text{C}$ ) per periodi lunghi, mantenendo invece tutti i fluidi corporei allo stato liquido. In questi insetti il punto di congelamento viene spostato da  $-5/-10^{\circ}\text{C}$  (come è per la maggior parte degli insetti) a  $-20/-25^{\circ}\text{C}$  grazie all'accumulo nei fluidi corporei di anticongelanti della stessa natura di quelli accumulati dalle forme ibernanti e all'eliminazione o riduzione delle sostanze che possono agire come nucleatori di ghiaccio. Tra gli anticongelanti viene accumulato frequentemente il glicerolo, che in alcuni insetti può raggiungere una concentrazione pari al 10-14% del peso fresco dell'animale.

**Tricladi.** I tricladi (o planarie) si rinvencono frequentemente nelle acque fresche e ben ossigenate di torrenti montani, soprattutto in quelli di origine sorgentizia e di piccole dimensioni, della cui fauna costituiscono un elemento caratterizzante.

Questi piccoli animali sono facilmente identificabili per il corpo fortemente appiattito e allungato con il quale aderiscono tenacemente al substrato anche in condizioni di elevata velocità di corrente. Predano piccoli invertebrati quali larve di insetti, crostacei, gasteropodi e anellidi, ma possono nutrirsi anche di animali già morti. Nell'alto corso dei torrenti montani la specie più frequente è *Crenobia alpina*, ben adattata alla corrente veloce e alle basse temperature, sostituita più in basso da *Dugesia gonocephala* e *Polycelis felina*. Benché in Italia siano note meno di 20 specie, per lo più di acque lente o stagnanti, la loro presenza nei torrenti può essere rilevante per la consistenza delle popolazioni e per l'influenza sulla comunità macrobentonica in quanto predatrici specializzate.



Planaria

**Molluschi.** La classe dei molluschi è poco rappresentata nei torrenti montani in quanto la maggior parte delle specie d'acqua dolce predilige ambienti di acque ferme o a debole scorrimento, sia per la difficoltà di reperire fonti alimentari adatte che per la loro scarsa mobilità. Fanno eccezione poche specie e tra

*Ancylus fluviatilis*

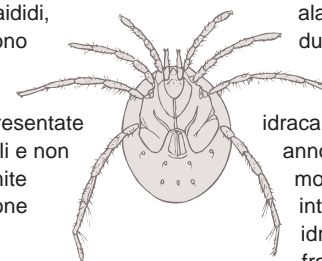
queste il polmonato *Ancylus fluviatilis*. Nei tratti medio-bassi dei torrenti sono presenti anche specie del genere *Pisidium*, piccoli bivalvi che vivono nei substrati sabbiosi e ciottolosi.

**Oligocheti.** Gli oligocheti colonizzano svariati ambienti d'acqua dolce e nei torrenti si trovano in diversi microhabitat: fondi sabbiosi o melmosi, substrati duri a ciottoli e ghiaia, zone di accumulo di detrito organico, vegetazione sommersa, ecc. Gli oligocheti di più piccole dimensioni (per esempio alcuni naididi) possono anche colonizzare l'ambiente interstiziale. Dove c'è vegetazione sommersa si trovano frequentemente i naididi, che strisciano sul fondo e nuotano anche liberamente nell'acqua tra le piante acquatiche. I naididi sono per lo più detritivori o erbivori, ma non

mancano le specie carnivore. Nei sedimenti fini si trovano in genere tubificidi e lumbriculidi, che si nutrono dei batteri associati al sedimento stesso, come i lombrichi terrestri. I tubificidi possono essere anche molto abbondanti nei sedimenti ricchi di detrito organico ed in genere sono le forme dominanti a profondità superiore al metro. Dove la granulometria è grossolana, la corrente è veloce e il tenore di ossigeno elevato, si possono trovare anche gli enchitreidi, in grado di colonizzare anche gli ambienti terrestri. Tra gli oligocheti che popolano le acque correnti, solo naididi, lumbriculidi e tubificidi sono famiglie strettamente acquatiche e le prime due sono le meglio rappresentate nei tratti di torrenti glaciali e non glaciali al di sopra del limite superiore della vegetazione arborea.

**Irudinei.** Gli irudinei, più noti come sanguisughe, contano specie per lo più dulciacquicole, sia di acque correnti che ferme. L'adesione al substrato e il movimento avvengono tramite ventose per cui necessitano di ambienti con substrati duri quali massi, sassi, ciottoli. Il tratto torrentizio dei fiumi è quindi un ambiente ottimale per le specie di acqua corrente, limitate verso l'alto dalla temperatura (non si riproducono con temperature dell'acqua inferiori a 10-11 °C) e verso il basso dall'aumento di tratti sabbiosi o limosi. Poche sono le specie che si rinvencono nei tratti intermedi, in particolare *Erpobdella testacea*, *E. octoculata* e *Dina lineata*, predatrici di altri invertebrati bentonici e capaci di resistere a condizioni di moderato inquinamento organico; altre specie (*Dina krasensis*, *Trocheta bykowskii*) possono spingersi nei tratti sorgentizi, ma a quote modeste. Tali specie possono tuttavia essere numericamente rilevanti.

**Acari.** Gli acari (vedi disegno) sono aracnidi lunghi pochi mm; sono molto abbondanti nella fauna del suolo, in particolare nella lettiera, dove mostrano uno straordinario esempio di radiazione adattativa, con decine di migliaia di specie note. Solo poche famiglie si sono adattate a vivere nelle acque dolci (idracari). Un gruppo di famiglie, note complessivamente come idracnelle, contano svariate migliaia di specie nelle acque dolci; anche una famiglia prevalentemente marina, gli alacaridi, conta rappresentanti dulciacquicoli. Tra gli ambienti d'acqua dolce che sostengono le specie di idracari più interessanti si annoverano le sorgenti di montagna e l'ambiente interstiziale. Nelle sorgenti gli idracari costituiscono una frazione importante della



fauna cosiddetta crenobia, cioè esclusiva di questi ambienti; richiedono sorgenti perenni e non inquinate. Nell'ambiente interstiziale, ossia nel materasso ghiaioso e sabbioso sul fondo dei torrenti, sono presenti specie che presentano adattamenti alla vita nelle acque sotterranee, quali l'assenza di occhi e di pigmento. Il ciclo biologico degli acari d'acqua dolce è straordinario per la sua complessità. L'eccezionalità si manifesta già all'inizio del ciclo: all'interno dell'uovo si sviluppa una "prelarva" la quale si trasforma in una larva che abbandona l'uovo e diviene parassita di una larva acquatica di insetto (ad esempio di un chironomide), di cui succhia i liquidi interni (emolinfa) e che sfrutta per farsi trasportare in nuovi ambienti (comportamento foretico). Da qui in poi il ciclo diviene ancora più complesso, passando attraverso tre stadi successivi



(protoninfa, quiescente; deutoninfa, simile all'adulto, ma con tre paia di zampe, libera e predatrice; tritoninfa, nuovamente quiescente). Infine la tritoninfa si trasforma in adulto; quest'ultimo ha tipicamente quattro paia di zampe, come tutti gli aracnidi, ed il corpo diviso in due parti, una anteriore (gnatosoma, che porta le parti boccali) ed una posteriore (idiosoma, che porta le zampe). La superficie del corpo è ricoperta da setole e ghiandole; queste ultime emettono probabilmente un secreto sgradevole, che protegge gli idracari dai predatori.

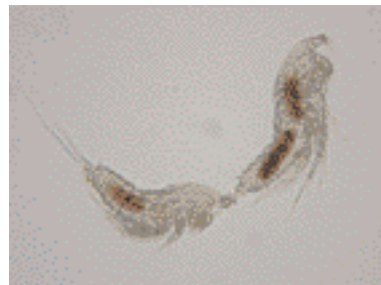
Tutti gli idracari sono predatori di altri invertebrati acquatici e sono molto sensibili alla qualità delle acque. Nelle sorgenti e nei torrenti italiani sono presenti con numerosi generi e specie; tra i generi più diffusi ricordiamo *Lebertia*, *Hydrovolzia*, *Partnunia*, *Sperchon*, *Thyas*. La fase foretica, cioè di trasporto, del loro ciclo vitale spiega perché difficilmente abbiamo tra gli acari specie endemiche; la maggior parte delle specie acquatiche hanno infatti areali di distribuzione ampi e si rinvencono casualmente un po' dovunque lungo l'arco alpino e nell'Appennino.

**Crostacei.** La maggior parte dei crostacei presenti nei torrenti montani non supera il millimetro di lunghezza e appartiene a quella frazione della fauna nota come meiofauna.

Gli organismi della meiofauna vivono in genere sul fondo dei corsi d'acqua e nelle acque tranquille, a stretto contatto con il substrato (epibentonici) o all'interno di esso, tra i granuli di ghiaia e sabbia (fauna interstiziale), anche a notevole profondità.

Indubbiamente i crostacei più abbondanti nelle sorgenti e nei torrenti alpini sono i copepoditi; si tratta in assoluto degli organismi più comuni del nostro pianeta,

avendo colonizzato praticamente tutti gli habitat ove sia presente acqua (dai mari e oceani ai laghi, pozze, stagni, fiumi e torrenti, sino alle piccolissime raccolte d'acqua nei tronchi degli alberi, i muschi ed il terreno umido, le grotte, le acque interstiziali e persino le minuscole pozzette d'acqua che si formano in condizioni favorevoli sui ghiacciai himalaiani a oltre 5000 m di quota). Sono crostacei dall'aspetto inconfondibile, dotati di un solo occhio (da cui il nome di *Cyclops* riservato ad uno dei generi più noti); il corpo, munito di due lunghe antennule e due corte antenne, è fornito di cinque paia d'arti rematori (da cui il nome copepoditi, che deriva dal greco e significa "piedi a remo") e termina con un'appendice bifida, la furca, fornita di lunghe setole. La femmina reca una o due sacche ovigere; dall'uovo sguscia una larva (nauplius), molto diversa dall'adulto, che dopo un certo numero di mute (in genere 5) si trasforma in un subadulto (copepodite), che non si riproduce; dopo 5 ulteriori stadi giovanili, con la sesta muta i copepoditi si trasformano in adulti. I sessi si riconoscono facilmente poiché nella maggior parte dei copepoditi dei nostri torrenti i maschi hanno le antenne ingrossate e prensili, idonee ad afferrare la femmina durante l'accoppiamento. Le



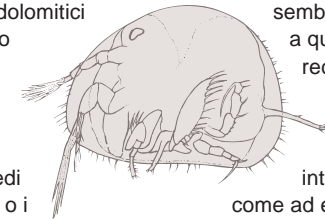
Coppia in copula del copepode arpaticcoide *Bryocamptus tatrensis*

specie molto frequenti nei torrenti e nelle sorgenti d'alta quota, in prevalenza muscicole ed interstiziali, appartengono all'ordine degli arpaticoidi (ed in particolare ai generi *Attheyella*, *Bryocamptus*, *Maraenobiotus*, *Hypocamptus*, *Moraria*, *Parastenocaris*); alcune specie sono molto rare e localizzate a ristrette aree delle Alpi e dell'Appennino, altre sono tipicamente boreoalpine, cioè presentano un areale che comprende l'Europa settentrionale e le Alpi (raramente le montagne più alte dell'Appennino), residuo di una ben più ampia distribuzione durante i periodi glaciali. Un altro ordine, quello dei ciclopoidi, predilige i tratti di fondovalle; sono qui abbondanti nell'ambiente interstiziale i rappresentanti dei generi *Acanthocyclops*, *Diacyclops* e *Speocyclops*.

Accanto ai copepoditi, troviamo nell'ambiente sorgentizio ed interstiziale altri gruppi di crostacei di minute dimensioni. Tra questi possono essere localmente abbondanti nelle sorgenti calcaree gli ostracodi. Il corpo degli ostracodi è avvolto da un carapace bivalve (da cui il nome: ostracode deriva dal greco e fa riferimento alla "conchiglia" che protegge le parti molli del corpo e le appendici); l'aspetto è sovente tondeggiante, o a fagiolo.

Anche tra gli ostracodi non mancano le specie interstiziali, cieche e depigmentate. Tra i generi più diffusi in particolare nei massicci dolomitici (la presenza di un elevato tenore di sali di calcio è indispensabile per impregnare il loro carapace) ricordiamo *Potamocypris*, *Cypria* (vedi figura), *Pseudocandona*, o i più rari *Cavernocypris* e *Cryptocandona*.

La presenza di altri



gruppi tassonomici di microcrostacei nell'ambiente interstiziale è occasionale; possiamo trovare talora cladoceri, ampiamente diffusi negli ambienti di superficie, o più eccezionalmente i rappresentanti (ciechi e depigmentati) dello straordinario ordine dei batinellacei, esclusivi di acque sotterranee e recentemente rinvenuti anche a quote elevate sulle Alpi.

Possono essere invece frequenti in alcuni torrenti i crostacei di maggiori dimensioni, in particolare i crostacei anfipodi che, in alcuni torrenti di fondovalle, possono divenire molto importanti come numero di individui e, data la loro biomassa, essere tra le più importanti fonti alimentari per i pesci. Sono generalmente associati a tratti torrentizi medio-bassi, con velocità moderata di corrente, e alle quote più elevate sono presenti solo in poche stazioni relitte; lungo l'arco alpino sono frequenti le specie *Gammarus fossarum*, *G. balcanicus* ed *Echinogammarus stammeri*, sostituiti in Appennino da *Gammarus* aff. *italicus*, *Echinogammarus veneris* ed *Echinogammarus tibaldii*. Altri rappresentanti sono presenti nelle sorgenti e nell'ambiente interstiziale, sono completamente ciechi e senza pigmento, ed appartengono al genere *Niphargus*, che conta in Italia quasi un centinaio di specie.

Nelle sorgenti di montagna non è infrequente *Niphargus strouhali*, che sembra prediligere ambienti posti a quote superiori ai 2000 m; recentemente sono stati rinvenuti rappresentanti del genere *Niphargus* anche nell'ambiente interstiziale a quote elevate, come ad esempio nei torrenti glaciali ai piedi del massiccio del Bernina, in Svizzera.

Gli altri rappresentanti dei crostacei



Gambero d'acqua dolce (*Austropotamobius pallipes fulcisianus*)

prediligono i torrenti a quote basse e si rinvencono solo eccezionalmente nei tratti montani. Tra questi molto diffuso è anche il gambero d'acqua dolce (*Austropotamobius pallipes fulcisianus*), che appartiene all'ordine dei decapodi; predilige i tratti puliti e ben ossigenati dei torrenti a quote più modeste, ma può in particolari condizioni, come in Trentino, risalire anche sino ai 1500 m di quota. In Italia il gambero è diffuso in gran parte dell'Italia settentrionale e si spinge lungo l'Appennino sino alla Basilicata, divenendo meno frequente man mano ci si sposta verso Sud. Un tempo molto più diffuso e abbondante, è stato soggetto per lunghi periodi ad un prelievo indiscriminato per la prelibatezza delle sue carni, ed ha subito negli ultimi anni una notevole contrazione numerica, in parte dovuta anche alla sua sensibilità al peggioramento della qualità delle acque. Per questo motivo il suo prelievo è oggi vietato da numerose normative regionali, ed è tutelato a livello comunitario dalla Direttiva Habitat.

**Efemerotteri.** Gli efemerotteri devono il nome alla breve durata della loro fase adulta (*ephemeros* = che dura un giorno e *pteron* = ala). Spesso infatti gli adulti di questo ordine non hanno un apparato masticatore funzionante e vivono per il poco tempo concesso dalle riserve

energetiche accumulate durante la fase larvale, sempre acquatica. Sono diffusi sia in laghi, paludi e pozze sia nelle acque correnti, dove trovano gli ambienti più propizi dalle quote medie al fondovalle. Diverse specie sono abbastanza tolleranti verso forme moderate di inquinamento organico, per cui è possibile trovare popolazioni consistenti anche in corsi d'acqua qualitativamente compromessi. In Italia sono note 94 specie, delle circa 300 presenti in Europa.

Gli efemerotteri sono considerati un ordine piuttosto primitivo, vicino a quello degli odonati, con uno sviluppo di tipo emimetabolico. Il ruolo ecologico degli efemerotteri nei torrenti montani è di notevole importanza e in condizioni propizie essi possono rappresentare la componente dominante della comunità macrobentonica, in termini sia di numero di individui sia di biomassa complessiva. Le neanidi e le ninfe sono quasi tutte erbivore e a loro volta rappresentano una importante risorsa alimentare per altri invertebrati acquatici e per i pesci. Dopo lo sfarfallamento diventano prede di molti uccelli, di pipistrelli e ancora dei pesci che li catturano nella delicata fase della metamorfosi, che in molte specie avviene sul pelo dell'acqua. Questo è noto ai pescatori e gli efemerotteri adulti sono i più imitati nella raffinata arte della costruzione di esche artificiali. Gli efemerotteri occupano i più svariati microhabitat fluviali con adattamenti morfofisiologici peculiari. Alla famiglia degli eptageniidi appartengono quattro generi (*Epeorus*, *Rhithrogena*, *Ecdyonurus* e *Heptagenia*) accomunati dall'appiattimento dorso-ventrale delle ninfe. L'aspetto generale del corpo, con capo, addome e femori appiattiti, viene reso ancor più idrodinamico dalla forma e disposizione delle branchie addominali, utilizzate come efficace ventosa per aumentare l'aderenza al substrato. In



Ninfa di efemerottero del genere *Baetis*

questo modo le ninfe possono affrontare condizioni di elevata corrente restando nel sottile strato a contatto con il substrato, dove la velocità è sempre molto ridotta. A questa famiglia appartengono le specie più rappresentative dei tratti più alti dei torrenti: *Epeorus alpicola*, *E. sylvicola*, *Rhithrogena loyolaea*, *R. alpestris* e *Ecdyonurus alpinus*.

Caratteristiche simili agli eptageniidi sono presenti nell'unica specie italiana della famiglia oligoneuriidi, *Oligoneuriella rhenana*, anch'essa presente in torrenti alpini ed appenninici con elevata velocità di corrente. Le ninfe di queste due famiglie, dall'aspetto generale "piatto", vengono anche definite litofile, per la tendenza a vivere sulla superficie di sassi e massi sommersi.

Un secondo gruppo di famiglie comprende ninfe nuotatrici (o iponeofile), dal corpo affusolato e idrodinamico, con i tre cerci caudali robusti e frangiati, utilizzati come efficaci timoni o remi. Vi appartengono la grande famiglia dei betidi e quella dei sifonuridi, quest'ultima con una sola specie italiana, tipica di ambienti lacustri o di acque a debole scorrimento. Le numerose specie della famiglia betidi occupano in gran numero il tratto medio-basso dei torrenti montani, con alcune che possono spingersi a colonizzare i tratti più a monte, come *Baetis alpinus*, frequente in tutte le regioni italiane.

Comune nei torrenti è anche *B. rhodani*, specie ad ampia diffusione e con larga valenza ecologica, per cui è diffusa sia in ambienti torrentizi incontaminati che nei tratti di fondovalle più compromessi. Un terzo gruppo di ninfe è adattato a muoversi strisciando sul fondo (erpofile) ed è rappresentato dalle famiglie cenidi, leptoflebiidi, efemerellidi. Generalmente questi efemerotteri sono associati ad ambienti acquatici a lento decorso con abbondante sedimento organico, tuttavia essi possono essere localmente abbondanti anche nel tratto medio-basso dei torrenti.

Infine esistono ninfe scavatrici (orittofile), raggruppate nelle famiglie efemeridi e polimitarcidi, con processi mandibolari e zampe anteriori modificate per scavare gallerie sul fondo di fiumi e torrenti. Sono poco diffuse nei tratti torrentizi, prediligendo corsi d'acqua di pianura a lento decorso. Fa eccezione *Ephemera danica*, localmente anche abbondante, in torrenti con fondo ghiaioso e sabbioso.



Subimmagine di efemerottero del genere *Baetis*



*Cordulegaster bidentatus*

**Odonati.** Gli odonati (o libellule) sono gli insetti a sviluppo larvale acquatico che raggiungono le maggiori dimensioni (fino a 6 cm di lunghezza). Gli adulti sono ottimi volatori e possono essere visti a considerevole distanza dai luoghi di sfarfallamento. L'abilità nel volo permette loro la colonizzazione di molti ambienti acquatici, quasi sempre di acque ferme o a lento decorso, con poche specie tipiche di ambienti torrentizi. Occasionalmente specie di acque ferme possono essere rinvenute in anse o pozze ai margini di torrenti o comunque dove si sviluppa un'abbondante vegetazione acquatica. Le ninfe, come gli adulti, sono predatrici di altri invertebrati, girini ed avannotti che catturano grazie ad una struttura boccale tipica detta "maschera". Si tratta di una sorta di tenaglia a molla che a riposo viene tenuta piegata e può scattare in avanti per catturare le prede di passaggio. Si tratta quindi di una caccia da appostamento, con le ninfe quasi sempre ferme e ben mimetizzate tra la

vegetazione acquatica.

L'ordine degli odonati è distinto in due gruppi: zigotteri o damigelle e anisotteri o libellule propriamente dette. Al primo gruppo appartiene un solo genere esclusivo delle acque correnti, *Calopteryx*, con tre specie diffuse in Italia (*C. virgo*, *C. haemorrhoidalis* e *C. splendens*) anche nei tratti torrentizi medio-bassi. Tra gli anisotteri, due famiglie contano specie adattate alle acque correnti: cordulegastri e gomfidi. La prima conta un solo genere italiano (*Cordulegaster*) che comprende poche specie, tutte di ragguardevoli dimensioni e con fase larvale in torrenti a lento decorso e ruscelli. Le ninfe dei gomfidi hanno aspetto più piatto e tozzo e vivono tra il fango del fondo ma anche tra la ghiaia di ruscelli montani.

**Plecotteri.** I plecoteri derivano il loro nome dal greco (*pleco* = intreccio e *pteron* = ala), per la tipica posizione in cui gli adulti tengono le ali a riposo, intrecciate a forbice a coprire l'addome. È forse l'ordine più rappresentativo della fauna bentonica nei torrenti montani in quanto molte specie sono particolarmente adattate ad ambienti con acque fredde, molto ben ossigenate e pure. Per questo motivo e per il diffuso inquinamento dei tratti fluviali di fondovalle, i plecoteri sono quasi sempre confinati in torrenti al di sopra di 600-700 m s.l.m. Oltre che alle loro strette esigenze ecologiche (stenoecia), la loro espansione è anche limitata dalla scarsa propensione al volo degli adulti. Nel mondo sono note poco più di 3000 specie e di queste circa 400 appartengono alla fauna europea. In Italia sono presenti, allo stato attuale delle conoscenze, 144 specie, raggruppate in 21 generi distribuiti in 7 famiglie. Una particolarità dei plecoteri è l'uso di

segnali sonori ottenuti tambureggiando con l'addome sul substrato (*drumming*). Il fenomeno è stato ampiamente studiato e la registrazione ed analisi dei suoni hanno chiarito che si tratta di veri e propri linguaggi. Il ritmo delle battute e la frequenza con cui si ripetono le sequenze differiscono da specie a specie e tra maschi e femmine. In alcuni casi è stata addirittura verificata l'esistenza di "dialetti" in popolazioni della stessa specie ma geograficamente distanti. I plecoteri dell'emisfero settentrionale (Paleartico e Neartico) vengono suddivisi nei due grandi gruppi dei sistelognati e degli eulognati. Al primo appartengono specie in cui gli adulti non hanno un apparato boccale funzionante e quindi non si nutrono.



Ninfa di plecoteri del genere *Perla*

Le ninfe sono generalmente onnivore e spesso abili predatrici negli ultimi stadi di sviluppo. Gli eulognati comprendono invece specie in grado di nutrirsi anche allo stadio adulto che può condurre vita subaerea per qualche settimana. Sia gli adulti sia le ninfe sono vegetariani, nutrendosi di alghe, muschi e detrito vegetale.

Lo sviluppo è di tipo emimetabolico e la durata della fase larvale è generalmente di un anno, ma sono noti cicli di durata biennale, come ad esempio in *Dinocras cephalotes*.

Il numero di mute per raggiungere lo stadio adulto è generalmente alto e compreso tra 10 e 20, con un massimo noto di 33 in *Dinocras cephalotes*, la specie che raggiunge le maggiori dimensioni, con femmine alate lunghe oltre 30 millimetri. Giunte a maturità, le ninfe si portano fuori dall'acqua e compiono l'ultima muta da cui uscirà l'insetto adulto. Nella maggior parte dei casi questo avviene in primavera, ma sono documentati molti casi di sfarfallamento invernale, con adulti che volano e si accoppiano sulle rive innestate. Per lo più si ha una sola generazione per anno (specie univoltine), ma, in condizioni favorevoli, alla prima generazione primaverile può seguire una seconda autunnale (specie bivoltine) come ad esempio in *Nemurella pictetii*. L'aspetto generale delle ninfe ricorda quello di alcuni efemerotteri, da cui si distinguono per la presenza di due soli cerci caudali e l'assenza di branchie addominali. Le neanidi e le ninfe dei plecoteri, pur essendo tipiche di torrenti di montagna, non sono particolarmente adattate a resistere alla corrente e vanno ad occupare i microhabitat caratterizzati da bassa velocità dell'acqua, come gli ammassi di foglie, la parte inferiore di sassi e massi, le acque relativamente calme delle pozze.

I plecoteri sono ampiamente diffusi in tutti i corsi d'acqua montani e possono rappresentare oltre il 50% del popolamento macrobentonico in condizioni particolarmente favorevoli. Dopo i ditteri, sono il gruppo che colonizza le acque a quote più elevate, anche con specie di grandi dimensioni, come *Dictyogenus fontium*, del quale sono state trovate popolazioni fino a 2800 m di quota sulle Alpi. Altre specie di minori dimensioni e tipiche dei tratti più a monte (specie





Plecottero adulto del genere *Chloroperla*

reofile-orofile) sono *Protonemura ausonia*, *P. caprai*, *P. elisabethae*, *P. brevistyla*, *Nemoura murtoni*, *N. obtusa*, *Leuctra rosinae*, *L. festai*, *L. teriolensis*, *Isoperla rivulorum*, *Perlodes intricatus*, *Siphonoperla montana* e *Chloroperla susemicheli*. Nei tratti medi si incontrano altre specie di grandi e medie dimensioni quali *Perla grandis*, *Dinocras cephalotes*, *D. ferreri*, *Dictyogenus ventralis*, *Perlodes intricatus*, *Isoperla rivulorum*.

Un cenno particolare merita il genere *Tyrrhenoleuctra*, comprendente la sola specie italiana *T. zavattarii*, endemica di torrenti sardi e corsi.

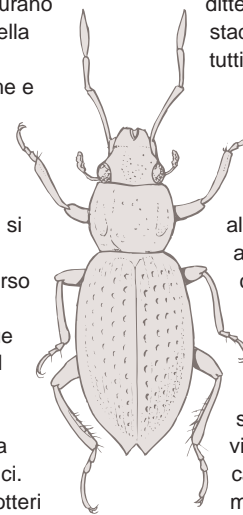
**Eterotteri.** Sono comuni negli ambienti acquatici allo stadio sia di ninfa sia di adulto. Derivano il loro nome dal fatto di possedere "ali diverse" (*heteros* = diverso; *pteron* = ala), ovvero ali anteriori parzialmente sclerificate e ali posteriori completamente membranose. Ninfa e adulto sono molto simili e il passaggio

dall'una all'altro avviene attraverso trasformazioni graduali di forma e dimensioni: questo tipo di metamorfosi viene indicato con il termine di paurometabolia. Gli eterotteri acquatici prediligono le acque stagnanti, anche se molte specie possono trovarsi nei corsi d'acqua, in genere presso le rive, nelle pozze, nelle anse calme dei fiumi o comunque nelle zone a corrente ridotta. Alcuni eterotteri, i gerromorfi, vivono sulla superficie dell'acqua, mentre altri, i nepomorfi, vivono sott'acqua. I primi marciano o pattinano sulla superficie dell'acqua sfruttando la tensione superficiale, mentre i secondi marciano sul fondo o nuotano tra la vegetazione. La maggior parte delle specie è predatrice e caccia altri insetti, acari e ragni. Le specie di maggiori dimensioni succhiano anche girini, avannotti e uova di anfibi e pesci. Le forme di dimensioni più piccole hanno un regime alimentare onnivoro e si nutrono anche della microfauna bentonica, di alghe microscopiche e di detriti organici.

Tra i generi più frequenti nei torrenti, soprattutto presso le rive, *Gerris*, *Aquarius* e *Velia*. *Aquarius najas* è specie esclusiva dei torrenti, ove frequenta le anse tranquille e le pozze d'acqua profonda.

**Coleotteri.** Rappresentano l'ordine di animali più numeroso, contando almeno 350 000 specie, di cui almeno 10 000 fanno parte della fauna italiana. Alcune famiglie si rinvengono nelle acque dolci, sia correnti che stagnanti. Sono gli unici insetti olometaboli che si possono rinvenire nell'ambiente acquatico sia allo stadio larvale che adulto. I coleotteri acquatici adulti mantengono comunque sempre la capacità di volare, che utilizzano per andare alla ricerca di condizioni ambientali migliori. Nell'ambiente dei torrenti si possono

distinguere due categorie di coleotteri acquatici adulti: i nuotatori, rappresentati da ditiscidi, aliplidi e idrofilidi e i marciatori, rappresentati da driopidi, elmidi, idrenidi ed eloforidi. I primi hanno frange di peli natatori sulle zampe, mentre i secondi sono dotati di robuste unghie che conferiscono loro la capacità di aggrapparsi al substrato. Gli adulti acquatici possiedono il sistema respiratorio tracheale tipico delle specie terrestri, per cui hanno sviluppato vari adattamenti che permettono loro di immagazzinare riserve di aria per periodi di immersione anche piuttosto lunghi. I ditiscidi, gli aliplidi, gli idrofilidi, gli idrenidi e gli eloforidi risalgono di tanto in tanto verso la superficie per procurarsi una riserva di aria atmosferica. Durante il rifornimento di ossigeno, l'animale può assumere diverse posizioni. I ditiscidi e gli aliplidi, per esempio, si mettono a testa in giù, in posizione obliqua, portano l'estremità posteriore a contatto con l'interfaccia acqua-aria e catturano una bolla d'aria che finisce nella camera sottoelitrale, ovvero nell'intercapedine tra l'addome e le elitre. I gas espirati vengono poi emessi sotto forma di bollicine. Gli idrofilidi, gli idrenidi (vedi disegno) e gli eloforidi invece si dispongono con il corpo inclinato verso l'alto e attraverso le antenne convogliano l'aria nella camera sottoelitrale. Due di queste famiglie, idrenidi ed eloforidi, sono acquatici solo allo stadio adulto, mentre la famiglia degli elodidi presenta solo gli stadi giovanili acquatici. Il regime alimentare dei coleotteri è molto vario, sia nelle larve sia negli adulti. Tra i coleotteri acquatici adulti i ditiscidi sono carnivori predatori, gli idrofilidi sono onnivori mentre le restanti



famiglie sono in genere erbivore. Le larve sono carnivore predatrici nei ditiscidi e negli idrofilidi, erbivore succhiatrici negli aliplidi ed erbivore o detritivore nelle restanti famiglie. I coleotteri acquatici prediligono, in generale, gli ambienti ripari caratterizzati da una ridotta velocità di corrente e da bassa profondità, soprattutto dove c'è vegetazione e tende ad accumularsi materiale organico. Per questo non si rinvengono nei tratti più alti dei torrenti montani, dove la velocità di corrente, l'instabilità dell'alveo e l'elevata erosione delle rive non favoriscono la colonizzazione da parte dei coleotteri. È possibile rinvenirli alle quote più elevate in zone umide perfluviali che hanno il ruolo ecologico di "aree rifugio", dove le condizioni ambientali sono meno estreme.

**Ditteri.** L'ordine dei ditteri è uno dei più ricchi di specie nella classe degli insetti. I ditteri hanno colonizzato, nei diversi stadi del loro ciclo vitale, pressoché tutti gli ambienti, escluse le distese oceaniche. I ditteri comprendono più della metà degli insetti acquatici e come larve occupano una vasta gamma di biotopi, dai torrenti alle sorgenti, ai laghi, agli stagni e alle paludi. Sono insetti a sviluppo completo (= olometaboli) con fase giovanile (larva e pupa) terrestre o acquatica, mentre l'adulto vive sempre in ambiente subaereo. Alcune specie sono semi-acquatiche e vivono nel suolo umido, nella carcasse di animali o in cavità marcescenti di piante. Tra le larve di ditteri si trovano esempi di tutti i modelli di nutrizione, comprendendo sia fitofagi e detritivori, sia predatori. Questi insetti derivano il loro nome dal



Larve di chironomidi

fatto di possedere, allo stadio adulto, solo le ali del paio anteriore (dittero significa "con due ali"), mentre quelle posteriori sono trasformate in bilanceri (appendici a forma di clava) atti a stabilizzare il volo. Sulla base della morfologia dell'antenna degli adulti si distinguono due sottordini di ditteri: i nematoceri e i brachiceri. I primi hanno antenne lunghe, moniliformi e composte da numerosi articoli, un corpo slanciato come quello di una zanzara e zampe lunghe e sottili. I brachiceri sono invece caratterizzati da antenne corte e aspetto generale tozzo, esemplificato da quello di una mosca.

I ditteri comprendono un'ampia varietà di forme e adattamenti e possono colonizzare in massa ambienti fortemente inquinati o comunque inospitali per la maggior parte degli altri insetti, quali le acque cloacali, sulfuree e termali e le fredde acque dei torrenti glaciali. Questo fatto è legato alla capacità delle larve di alcune specie di tollerare basse concentrazioni di ossigeno disciolto grazie all'accumulo di pigmenti respiratori simili all'emoglobina o alla possibilità di realizzare la respirazione anaerobica (cioè in assenza di ossigeno). Le larve sono sub-cilindriche, sottili e vermiformi o carnose e tozze (sono rare

le forme appiattite dorso-ventralmente) e sono caratterizzate dall'assenza di zampe articolate. Possono essere presenti pseudopodi (cioè "false zampe") in diverse posizioni, dotati o meno di uncini, spiracoli, tubi o filamenti respiratori. Durante la fase pupale gli individui possono restare liberi o racchiudersi in bozzoli rigidi, nell'acqua o sul terreno. Gli adulti vivono in genere al massimo un mese, periodo durante il quale avvengono l'accoppiamento (in volo, sulla vegetazione, a terra o persino nell'acqua) e la deposizione delle uova. I ditteri comprendono numerose specie adulte ematofaghe che attaccano l'uomo ed altri vertebrati a sangue caldo (i ceratopogonidi, i culicidi e i simuliidi sono noti per il loro morso irritante) e possono essere vettori di malattie.

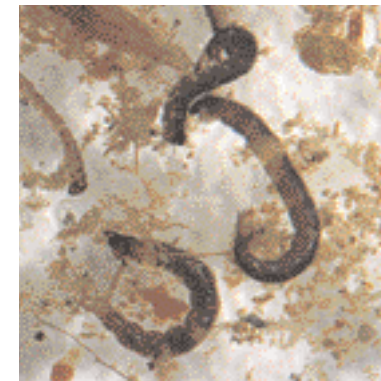
Nonostante l'ampia varietà di forme presenti nell'ordine, all'interno delle singole famiglie vi è un certo grado di uniformità morfologica. Tra i nematoceri il capo (capsula cefalica) è completamente sclerificato ed estroflesso, quindi ben visibile (larve eucefale) o solo parzialmente sclerificato, ridotto e infossato nel torace (larve emicefale). Le larve dei brachiceri sono, salvo rare eccezioni, emicefale o acefale, ovvero hanno capo fortemente ridotto, con poche parti sclerificate, e parzialmente o completamente represso nel torace. La segmentazione del corpo è di solito evidente, ma senza una chiara distinzione tra zona toracica e addominale.

Le larve di molti ditteri, specialmente di quelli con fase giovanile acquatica, sono poco conosciute e spesso, per identificare la specie, è necessario allevarle fino allo stadio adulto. Le famiglie più rappresentate nei torrenti montani sono quelle dei blefariceridi, ceratopogonidi, chironomidi, dixidi, limoniidi, psicodidi, simuliidi, taumaleidi e

tipulidi tra i nematoceri, quelle degli antomiidi (o muscidi), aliceridi, dolycopodidi, empididi e straziomidi tra i brachiceri. In particolare, chironomidi e simuliidi sono i gruppi più abbondanti nei torrenti d'alta quota e gli unici presenti, salvo qualche eccezione, nei torrenti glaciali. Più a valle troviamo empididi e limoniidi, quindi taumaleidi, blefariceridi e aliceridi.

**Chironomidi.** I chironomidi sono la famiglia di insetti più rappresentata negli ambienti d'acqua dolce, sia per numero di specie sia per abbondanza di individui. Nel mondo sono note circa 15000 specie e di queste più di 400 sono presenti in Italia. Si distinguono otto sottofamiglie di cui cinque presenti nel nostro Paese: tanipodine, diamesine, prodiamesine, ortocladine e chironomine. Mentre gli adulti vivono in ambiente aereo, gli stadi giovanili colonizzano i più svariati habitat d'acqua dolce: da torrenti, laghi e sorgenti di montagna a fiumi, stagni e laghi di pianura; da acque incontaminate e ricche di ossigeno ad acque molto inquinate; da ambienti poveri (oligotrofici) ad ambienti particolarmente ricchi di nutrienti (eutrofici).

Alcune specie hanno colonizzato le acque marine, rimanendo per lo più nella zona compresa tra la bassa e l'alta marea ed altre l'ambiente terrestre. I chironomidi comprendono molte specie ad ampia valenza ecologica (euricie) ma anche entità stenoeceie, cioè incapaci di vivere in condizioni diverse da quelle verso le quali mostrano uno stretto adattamento. Per questo i chironomidi sono buoni indicatori biologici, capaci di segnalare anche minime variazioni delle condizioni ambientali in cui si trovano. Per esempio, la presenza nei corsi d'acqua di larve di diamesine, in particolare di alcune specie del genere *Diamesa*, quale *D. steinboeckii*, è indice di condizioni di

Larve di chironomidi del genere *Diamesa*

"glacialità", essendo i tipici colonizzatori di questi ambienti.

Nei torrenti montani i chironomidi sono certamente i ditteri più abbondanti, sia in termini di numero di individui che di specie. Alle quote più elevate e negli ambienti più estremi, quali i primi tratti di torrenti glaciali (*Kryal*), i chironomidi sono in genere gli unici invertebrati presenti. È nota una chiara successione longitudinale (da monte a valle) non solo a livello di specie ma anche di sottofamiglia. Nei tratti più a monte, dove le acque sono fresche e ben ossigenate, abbondano le diamesine e le ortocladine. A queste due sottofamiglie appartengono diverse specie reofile e stenoterme fredde, ovvero adattate a vivere nelle acque turbolente, torbide e costantemente fredde dei torrenti glaciali. In particolare, le larve di *Diamesa* spp. mostrano gli adattamenti più svariati alla corrente veloce e al substrato instabile, tra cui: a) lo sviluppo di lunghi e robusti unghioni per aggrapparsi al fondo; b) l'allungamento degli pseudopodi posteriori per aumentare la base di appoggio al substrato e quindi la stabilità della larva; c) la costruzione di astucci di sabbia cementati con la saliva per proteggersi dalla corrente. Inoltre molte di



queste larve si stabiliscono preferibilmente nelle piccole depressioni che si trovano sulla superficie dei ciottoli per evitare di rimanere schiacciate in caso di rotolamento in alveo dei ciottoli stessi. Queste specie dipendono per il nutrimento essenzialmente da materiale organico trasportato dal vento (spore, pollini, frammenti vegetali, insetti morti) che rimangono intrappolati nei ghiacci e vengono rilasciati nelle acque dei torrenti con il disgelo.

Le larve hanno lunghezza variabile da 2 a 30 mm e la loro colorazione va dal grigio al giallo bruno, al violetto, all'arancione, al rosso e al verde. In particolare, alcune specie della sottofamiglia delle chironomine (per esempio *Chironomus* del gruppo *thummi*) hanno una colorazione rossastra caratteristica: sono i comuni "vermi rossi" che vengono spesso utilizzati come mangime per pesci d'acquario e in natura vivono in acque con elevato inquinamento organico. Il colore rosso sangue è dovuto alla presenza nella loro emolinfa di un pigmento respiratorio molto simile all'emoglobina umana, che permette a queste larve di respirare anche in ambienti poveri di ossigeno. Tutte le larve hanno aspetto vermiforme, ovvero un corpo allungato diviso in segmenti, spesso coperto di setole e senza vere e proprie zampe. Hanno solo due paia di "pseudozampe", un paio anteriore ed uno posteriore, munite di uncini, che usano per aggrapparsi al substrato.

Il tipo di vita e la stessa morfologia delle larve dei chironomidi sono fortemente condizionati dalle abitudini alimentari. Alcune larve sono erbivore e raschiano la copertura algale e batterica del substrato su cui vivono, altre sono detritivore e raccolgono piccole particelle di detrito organico depositate sul fondo ed altre ancora sono carnivore e predano piccoli animali. Queste ultime appartengono per

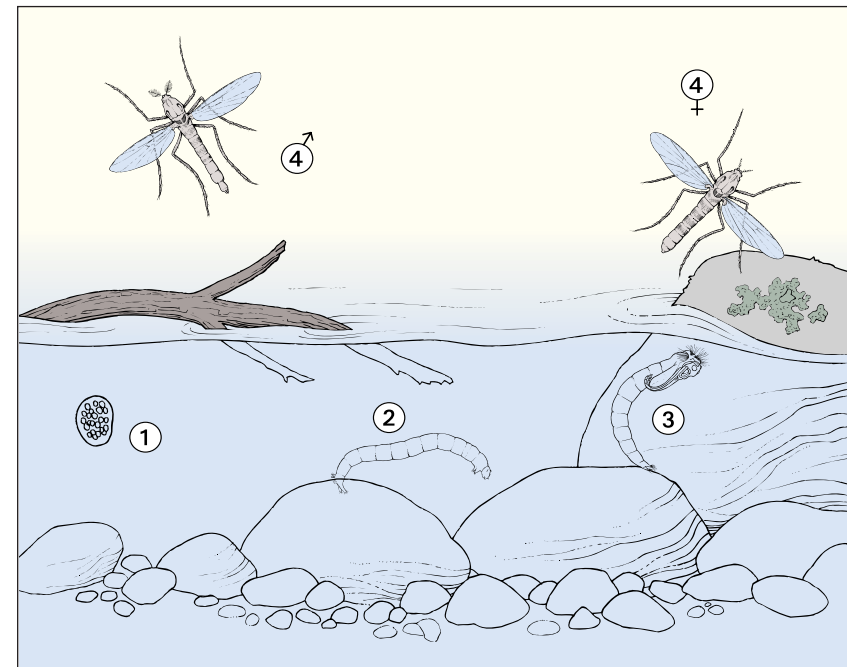
lo più alla sottofamiglia delle tanipodine. Le larve predatrici possiedono tutta una serie di adattamenti per questo tipo di vita: mento scarsamente sclerificato in modo da poter inghiottire prede intere, mandibole a forma di falce e funzionanti come tenaglie, lingua cospicua e sclerificata che, ruotando all'indietro, spinge la preda all'interno della faringe, antenne retrattili che danno al capo una forma più idrodinamica e pseudopodi molto allungati che consentono rapidi movimenti a scatti. In altre sottofamiglie la sclerificazione del mento e il movimento obliquo delle mandibole permettono di raschiare alghe e detrito dalle superfici sommerse. I chironomidi che vivono sul fondo sabbioso-limoso dei laghi in genere costruiscono tubi all'interno dei quali le larve, ondulando il corpo, creano una corrente d'acqua che convoglia le particelle di cibo (alghe, batteri, ecc.) contro una rete appositamente costruita sul fondo col secreto salivare. La larva periodicamente ingerisce la rete e la sostituisce con una nuova. Alcune specie scavano anche sottili gallerie nelle foglie sommerse di piante acquatiche. Infine alcune specie sono simbiotiche e parassite di altri invertebrati.

Le pupe hanno dimensioni e colore simili a quelli delle larve, ma la parte anteriore del corpo è ingrossata per la presenza degli astucci delle antenne, delle zampe e delle ali dell'adulto. Le pupe possono nuotare liberamente o, nelle specie viventi nei tubi, rimanere parzialmente incluse nel tubo larvale stesso. Gli adulti sono lunghi da poco meno di 1 a circa 14 millimetri ed hanno antenne molto lunghe, piumose solo nei maschi. Il loro esile corpo è simile a quello delle zanzare, da cui si distinguono per avere il torace gibboso, che fa in parte scudo al capo, e per l'apparato boccale, che nei chironomidi è di tipo succhiante, ma non pungente. I chironomidi sono per questo

noti anche come "moscerini che non pungono". Hanno lunghe zampe che agitano in modo caratteristico durante il volo che appare così "gesticolante" (dal greco *chironomeo* = "gesticolo"). Le femmine depongono le uova sulla superficie dell'acqua o in prossimità delle rive, riunendole in masse gelatinose libere o attaccate ad un substrato. Le larve che ne fuoriescono subiscono un ridotto numero di mute (4 o 5) prima della metamorfosi. Lo sfarfallamento avviene in genere in primavera/estate e/o in autunno e la vita degli adulti è breve e finalizzata all'accoppiamento e alla successiva deposizione delle uova.

Per quanto riguarda la distribuzione altitudinale dei chironomidi nei torrenti, le zone torrentizie più a monte, dove la temperatura dell'acqua in estate non

supera i 3-4 °C, sono caratterizzate dall'assoluto dominio della sottofamiglia delle diamesine con il genere *Diamesa*, rappresentato da specie quali *D. steinboeckii*, *D. latitarsis*, *D. goetghebueri*, *D. bertrami* e *D. zernyi*. Altro diamesino presente nei tratti più a monte e talvolta dominante (nei torrenti non glaciali) è *Pseudokiefferiella parva*. Nei torrenti non glaciali si trova anche *Pseudodiamesa branickii*, particolarmente abbondante tra i muschi e le alghe. A fianco delle diamesine si possono trovare alcune ortoclaidiine, quali *Orthocladus thicnemanni*, *Orthocladus frigidus*, *Eukiefferiella minor*, *Eukiefferiella breviculca* e *Tvetenia calvescens*. Verso valle, le ortoclaidiine tendono a divenire la sottofamiglia meglio rappresentata, sia come numero di individui che di generi e



Rappresentazione schematica del ciclo di sviluppo dei ditteri chironomidi: uova ( 1 ); larva ( 2 ); pupa ( 3 ); adulto o immagine (maschio 4♂ e femmina 4♀)



Esemplare adulto di dittero simuliide

specie (*Chaetocladius* gr. *piger*, *Heleniella* spp., *Corynoneura* spp., *Thienemanniella partita*, ecc.). Nel fondovalle diamesine ed ortoclaidine lasciano il posto alle chironomine, rappresentate, nei torrenti montani, per lo più da *Micropsectra* gr. *atrofasciata*. **Simuliidi.** Insieme ai chironomidi, i simuliidi sono tra i primi colonizzatori delle acque correnti d'alta quota, dove possono dar luogo a focolai che, in condizioni favorevoli, diventano numericamente imponenti. Trascorrono la fase larvale sempre in acque correnti, dove si insediano nei punti di maggior velocità. Si tratta di un gruppo molto antico e il fossile di una pupa testimonia la loro esistenza già 160 milioni di anni fa, in pieno periodo giurassico. Attualmente sono note oltre 1500 specie e di queste circa 400 vivono in Europa e una settantina in Italia.

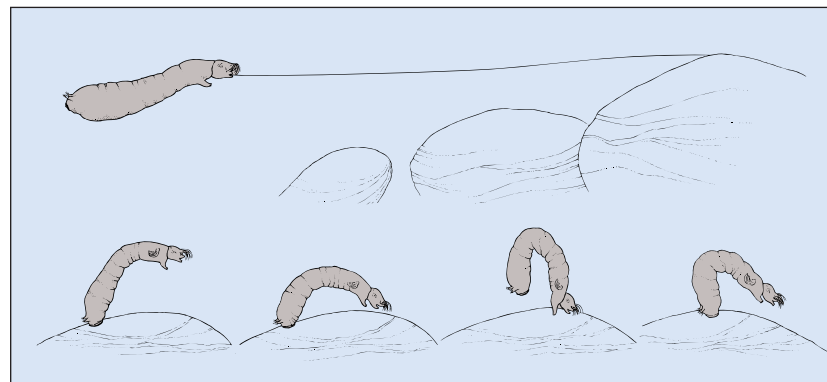
I costumi di vita dei simuliidi sono particolarmente interessanti sia nella fase larvale sia in quella adulta. Le larve hanno una forma caratteristica, con addome rigonfio verso l'estremità posteriore, conferendo all'animale una forma leggermente piriforme.

Si nutrono di particellato organico fine e di batteri, filtrati con appositi organi, detti



Larve di ditteri simuliidi

ventagli cefalici o mandibolari. Questi derivano dalla trasformazione di parti labiali che si sono evolute in ventagli formati da una serie di rami, generalmente tra 30 e 50, sui quali sono inseriti trasversalmente numerosi peli, a formare un efficace apparato di cattura. Le larve sono provviste di ghiandole sericigene con le quali producono un liquido coloso che attaccano al substrato formando un appiglio. Su questo si agganciano con uncini presenti sia sull'unico pseudopodo toracico che in fondo all'addome. Alternando la presa con le due serie di uncini e costruendo nuovi appigli, sono in grado di muoversi su superfici lisce anche controcorrente, per trovare i microambienti dove la velocità dell'acqua è maggiore e quindi maggiore la quantità di filtrato nell'unità di tempo. Per muoversi verso valle utilizzano ancora le ghiandole sericigene, incollando la bava al substrato e "filando" con grande velocità una "corda di sicurezza" alla quale restano attaccate finché non sono giunti nella posizione desiderata. Questo originale sistema permette alle larve di simuliidi di occupare anche le superfici lisce di massi esposti alla corrente, dove pochi altri macroinvertebrati possono resistere,



La particolare tecnica utilizzata dalle larve dei simuliidi per spostarsi in acqua controcorrente

evitando così problemi di competizione per lo spazio e il pericolo di essere predati. In ambienti torrentizi con vegetazione macrofita in alveo possono aderire, in numero impressionante, sulle diverse parti delle piante e un singolo stelo d'erba sommersa può ospitare 200-300 larve. Le larve attraversano da sei a nove stadi di crescita e quindi costruiscono un bozzolo di forma più o meno triangolare all'interno del quale iniziano la metamorfosi. Nella sottofamiglia dei prosimuliini il bozzolo è appena accennato e non ha una forma definita.

Gli adulti hanno l'aspetto di piccole mosche gobbe, dal "naso" schiacciato (da cui derivano il nome) e le femmine di molte specie sono ematofaghe. Il pasto di sangue è una necessità dettata dall'esigenza di assumere ferro organico per portare a maturazione le uova. La scelta dell'ospite a cui suggerire il sangue è piuttosto rigida e così esistono specie che attaccano uccelli (sottogeneri *Eusimulium* e *Nevermannia*), cavalli (sottogeneri *Wilhemia*), bovini (*Prosimulium latimucro*, *P. rufipes*, *Simulium ornatum*, *S. intermedium*, *S. variegatum*, *S. paramorsitans*). Nel caso di attacchi massivi a bovini

l'intensa reazione anafilattica può provocare la morte dell'animale e casi di morie si sono avuti in diverse regioni alpine, a partire dagli anni settanta. Gli attacchi avvengono sempre di giorno e mai al coperto, per cui il ricovero immediato del bestiame è sufficiente ad evitare danni estremi. Anche l'uomo può essere punto, ma generalmente senza gravi conseguenze, se non in caso di soggetti allergici.

Lo sviluppo di focolai larvali è generalmente favorito da un leggero aumento dell'inquinamento organico e dalla conseguente maggior disponibilità di batteri e particellato organico nell'acqua. Livelli elevati di inquinamento invece limitano la presenza dei simuliidi anche per la riduzione di superfici lisce disponibili, che in questi casi si ricoprono di patine batteriche e perfitiche. La distribuzione altitudinale delle specie è relativamente ben prevedibile in quanto molte specie sono strettamente legate al proprio ambiente (stenocie). Le zone torrentizie più a monte rappresentano l'incontrastato dominio della sottofamiglia prosimuliini, e alcune specie (*Prosimulium latimucro*, *P. rufipes*) sono in grado di colonizzare i primi metri dei torrenti glaciali alpini, con temperature

medie intorno a 0°C. In ambiente appenninico si trovano *P. albense* e *P. calabrum*, la prima estesa fino alla Sicilia, la seconda endemica di torrenti calabresi. Insieme ai prosimuliini, ma a quote meno elevate, si rinvenivano specie della grande sottofamiglia dei simuliini, appartenenti al sottogenere *Nevermannia*, diffuse sia sulle Alpi che sugli appennini, come *Simulium vernum*. Esempi di specie endemiche appenniniche sono *S. fucense* e *S. marsicanum*.

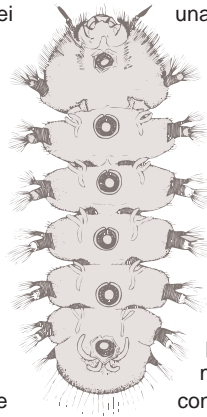
Nei tratti torrentizi intermedi si rinvenivano numerose specie dei sottogeneri *Simulium*, *Eusimulium*, *Obuchovia* e *Tetisimulium*, alcune tolleranti (*Simulium ornatum*, *S. variegatum*) o molto tolleranti (*S. intermedium*) verso forme di inquinamento organico.

**Limoniidi.** I limoniidi sono una famiglia di ditteri molto ricca di specie (se ne conoscono circa 230 per l'Italia), la maggior parte delle quali è diffusa nelle regioni settentrionali, con poche specie legate ai torrenti. Le larve di alcune specie sono tipiche della fanghiglia presso le rive, altre vivono in tubi di seta coperti di detrito tra le piante sommerse e possono essere erbivore, detritivore o carnivore.

I generi più frequenti nei torrenti d'alta quota sono: *Dicranota*, *Rhypholophus* e *Tricyphona*.

**Taumaleidi.** In Italia sono presenti con 14 specie appartenenti a quattro generi. Di questi, *Thaumalea* è il più diffuso nei rilievi alpini. A prima vista le larve sono molto simili ai chironomidi, con cui possono essere confusi. Si distinguono per la capsula cefalica leggermente schiacciata, setolosa e munita di piccole protuberanze dorsali. Inoltre,

posseggono un solo pseudopodio addominale anteriore ed uno posteriore e una larga placca dorsale sclerificata su ogni segmento del corpo. Le larve dei taumaleidi sono frequenti nei torrenti e nelle sorgenti montane sulle rocce bagnate dagli spruzzi e da un sottile velo di acqua corrente (larve igropetriche). **Blefariceridi.** Sono tra i ditteri meglio adattati a vivere in acque con elevata velocità di corrente, grazie alla particolare architettura delle larve (vedi disegno) che le rende inconfondibili. La parte dorsale del corpo è formata da una serie di archi tondeggianti, adatti



a scaricare la forza della corrente. Sulla parte ventrale possiedono delle potenti ventose che permettono loro di rimanere aderenti al substrato anche sotto le cascate più impetuose. Le ventose dei blefariceridi sono le più funzionali e perfezionate fra quelle che compaiono tra gli insetti: sono dotate di una vera e propria pompa formata da una possente muscolatura che produce il vuoto, consentendo una perfetta adesione al substrato. Ciascun disco adesivo è munito di una fessura anteriore che permette il distacco della ventosa e quindi la locomozione. I segmenti addominali, separati da strozzature evidenti, sono muniti di pseudopodi piccoli e conici, di ciuffi branchiali e di appendici laterali.

Le larve si nutrono raschiando la patina batterica e peritifata che si sviluppa su substrati formati da ampie superfici lisce sottoposte ad elevate velocità di corrente. Anche le pupe vivono attaccate al substrato negli stessi ambienti in cui si trovano le larve ed hanno dimensioni simili a quelle delle larve mature (5-12 mm). Le pupe aderiscono al substrato tramite 3 o 4 punti di attacco situati in

posizione ventrale lungo i due lati dell'addome.

I blefariceridi sono considerati indicatori di buona qualità ambientale, in quanto molto sensibili a diverse forme di inquinamento. La sensibilità di questi ditteri all'inquinamento non deriva esclusivamente dall'intolleranza fisiologica alle alterazioni chimico-fisiche dell'acqua, ma anche ad una serie di effetti indiretti, primo fra tutti la ridotta aderenza al substrato dovuta alla formazione eccessiva di patine batteriche, alghe filamentose e muschi, che ricoprono i substrati in ambienti eutrofici. Data la scarsa mobilità delle larve e l'abitudine di occupare la parte superiore dei massi, i blefariceridi sono anche sensibili alle improvvise variazioni di portata che tipicamente si verificano in torrenti sottoposti a regimazione idroelettrica. La loro presenza in un torrente ne testimonia quindi le buone condizioni trofiche e idrauliche. In Italia sono presenti 5 generi e 13 specie, tutte d'acqua dolce. Tra queste, *Liponeura cinerascens* che con le due sottospecie *minor* e *cinerascens*, occupa le acque a maggior altitudine, rispettivamente sulle Alpi e sulla dorsale Appennino-Alpi Marittime.

**Atericidi.** Si tratta di una piccola famiglia di brachiceri con larve tutte acquatiche e adulti talvolta ematofagi (vedi disegno) su altri artropodi o su mammiferi. Sono frequenti in torrenti con basso o moderato carico organico. Le larve vivono in genere nelle zone del torrente dove le acque sono meno impetuose, infossate nella sabbia o tra la ghiaia, tra le cortecce di rami sommersi o ancora tra i muschi.



Molto caratteristica è la deposizione delle uova da parte delle femmine di molte specie, le quali si riuniscono in gran numero sui rami di un albero sospeso sopra l'acqua e vi depongono un ammasso di uova sul quale rimangono alla fine appesi i corpi delle femmine morte. Le larve cadono poi direttamente nell'acqua corrente sottostante.

Tre sono le specie più diffuse nei torrenti: *Atherix ibis*, *Ibisia marginata* e *Atrichops crassipes*.

**Empididi.** È una famiglia numerosa, con almeno 270 specie note sinora in Italia. Si tratta di un gruppo ubiquitario, che ha conquistato praticamente tutti gli ambienti, compresi quelli alle quote più elevate (oltre i 2000 m s.l.m.), con larve terrestri, acquatiche e semi-acquatiche. Nei torrenti vivono tra i muschi e le pietre o sui sedimenti fini e umidi delle rive. La capsula cefalica è ridotta e gli uncini mandibolari sono particolarmente sviluppati. Questo è legato alle abitudini alimentari delle larve, che sono voraci predatrici, in genere di simuliidi e chironomidi.

**Altre famiglie di ditteri.** Per quanto riguarda le altre famiglie di ditteri, molte comprendono anche specie capaci di vivere in ambienti molto particolari quali i residui di fogna, le acque di scolo, le acque termali e salmastre, ecc. Tra queste gli psicodidi, i ceratopogonidi, i muscidi e gli straziomiidi.

Nei torrenti queste famiglie di ditteri si trovano in genere nelle zone di maggiore accumulo di detrito organico, dove è presente una vegetazione sommersa o nei tratti in cui prevalgono i sedimenti fini (sabbia e limo).



**Tricotteri.** I tricotteri derivano il loro nome dalle parole greche *thrix*, *trichos* (pelo) e *pteron* (ala), per l'aspetto degli adulti in volo, simili a farfalle dalle ali pelose e dai colori generalmente attenuati. A riposo invece le quattro ali sono piegate a formare una sorta di tetto sull'animale. In Italia sono note più di 330 specie, suddivise in una ventina di famiglie. Gli adulti sono crepuscolari o notturni e volano spesso in grandi sciami nuziali nelle sere d'autunno in vicinanza di corsi d'acqua o intorno a fonti di luce. Particolarmente interessanti sono i costumi delle larve, che conducono tutta vita acquatica sia in acque correnti sia ferme (unica eccezione il genere *Enoicyla*, con ciclo biologico completamente terrestre). L'unicità delle larve dei tricotteri è data dalla capacità di costruire una vasta gamma di ricoveri, con forme e finalità diverse. Relativamente ai ricoveri larvali possiamo distinguere i tricotteri in tre categorie: con astuccio mobile, con ricovero fisso e libere. Alla prima categoria appartengono la maggior parte delle specie, che costruiscono astucci intorno al proprio corpo con lo scopo di proteggersi ed aumentare la resistenza nei confronti della corrente. La tecnica costruttiva consiste nella produzione di una sostanza collosa con la quale fissano materiale inorganico (sabbia, sassolini, vedi disegno) oppure organico (nicchi di molluschi, pezzetti di foglie, cauli, semi, bastoncini). La forma è cilindro-conica con materiale inorganico nelle famiglie dei sericostomatidi, odontoceridi, bereidi, e con materiali prevalentemente organici o misti nelle famiglie dei brachicentridi, lepidostomatidi, leptoceridi, limnefilidi.



Forme particolari si hanno nella famiglia degli idroptilidi, le cui minuscole specie costruiscono piccoli ricoveri di seta e granelli di sabbia a forma di borsellino; i goeridi inseriscono pietruzze più grosse a fianco degli astucci cilindrici, usate come bilanceri per evitare il rovesciamento; i glossosomatidi invece costruiscono ricoveri a forma di gobba di cammello, con un'apertura in ciascuna delle due cuspidi. La tecnica costruttiva delle larve dei tricotteri è stata messa a profitto da alcuni gioiellieri che hanno allevato larve in un acquario contenente grani, bastoncini e laminette d'oro, piccole pietre preziose di vario tipo, ottenendo così degli originalissimi ed unici gioielli "biologici". Le larve di altre famiglie (idropsichidi, policentropodidi, filopotamidi) costruiscono invece ricoveri fissi di sola seta, non a scopo di protezione, ma di raccolta di alimenti. Si tratta di vere e proprie "ragnatele" di forma più o meno conica e con l'apertura verso la corrente, capaci di filtrare, o meglio pescare, la sostanza organica viva o morta che la corrente trasporta. Queste larve sono munite di pigopodi con lunghe setole a formare delle piccole "scope" con le quali spazzolano le reti radunando il "pescato" per nutrirsi. Le reti vengono costruite sotto sassi e massi o comunque dove la velocità dell'acqua non è tale da danneggiarle. Infine i tricotteri comprendono specie (famiglia dei riacofilidi), le cui larve non costruiscono alcun tipo di ricovero, ma conducono vita libera e sono predatrici di altri macroinvertebrati bentonici. Lo sviluppo è di tipo olometabolico e quando si avvicina il momento della



Astuccio larvale di tricottero limnefilide

metamorfosi le larve viventi in foderi trasportabili si arrampicano su massi o altre sporgenze, fissandosi nei pressi della superficie dell'acqua. Anche l'apertura anteriore del ricovero viene chiusa e la metamorfosi ha inizio. È frequente osservare lunghe collane di questi astucci pupali ordinatamente disposti su massi emergenti lungo linee segnate dal livello medio dell'acqua. I tricotteri privi di astuccio si impupano invece all'interno di un ricovero appositamente costruito e ancorato sotto i sassi, racchiusi in un bozzolo sericeo. La scarsa mobilità della maggior parte delle larve dei tricotteri li rende particolarmente vulnerabili ai repentini cambiamenti di portata e non è raro trovarli miseramente spiaggiati in seguito al ritiro delle acque dopo un temporale. Questa condizione tuttavia si verifica molto più frequentemente in torrenti regimati da esigenze di produzione idroelettrica. Le variazioni di portata sono anche rilevanti, questa



Esemplare adulto di tricottero

volta per cause naturali, in torrenti alimentati prevalentemente da acque di fusione glaciale. Nel complesso quindi la scarsa mobilità, la preferenza di ambienti con velocità di corrente medio-bassa e il prevalente ruolo trofico di tagliuzzatori-raccoglitori di sostanza organica grossolana (per lo più foglie morte), limitano per lo più la presenza dei tricotteri ai tratti sotto la vegetazione arborea. Questo tuttavia non ne esclude la colonizzazione di ambienti particolarmente favorevoli anche a quote che superano i 2500 m s.l.m. Nel tratto superiore troviamo specie orofile e stenoterme di acque fredde tra cui *Rhyacophila tristis*, *Philopotamus montanus*, *Plectonemia conspersa*, *Drusus discolor*; più in basso queste specie sono sostituite da altre, a più ampia valenza ecologica, quali *Rhyacophila torrentium*, *Hydropsyche instabilis*, *Potamophylax cingulatus*, *Sericostoma pedemontana*.



## La fauna a vertebrati

SERGIO PARADISI

81

### ■ Ittiofauna

**I salmonidi dei torrenti italiani.** L'elemento faunistico che il sapere popolare accosta con maggiore immediatezza al torrente montano è la trota. In realtà, a ben guardare, la distribuzione di questo pesce non appare limitata a tale tipologia di acque, andando a comprendere ad esempio anche gli ampi corsi pedemontani, i grandi laghi prealpini di origine glaciale, le risorgive della bassa pianura. Si tratta di ambienti accomunati da acque fresche o decisamente fredde - con una temperatura che solo occasionalmente e per brevi periodi tocca valori prossimi ai 20° C, restandone di solito ben al di sotto - e da una conseguente buona ossigenazione. È proprio in base all'elevato fabbisogno di ossigeno di questo pesce, conseguente a un metabolismo particolarmente attivo, che va individuato lo stretto legame tra la trota e il torrente alto-montano, ove la turbolenza dell'acqua aumenta il tenore di ossigeno, portandolo spesso a livelli di sovrasaturazione. È questo il tratto di corso d'acqua che gli idrobiologi classificano come "zona a salmonidi superiore e media" o senz'altro, "zona a trota" tout court.

La trota è dunque, relativamente all'ittiofauna, la specie-guida di queste acque, quella cioè che per il suo migliore adattamento alle condizioni ecologiche risulta dominante, se non addirittura l'unica presente. Ma si fa presto a dire trota: quale trota popola le acque dolci italiane? La domanda richiede una risposta che è tutt'altro che scontata, e costituisce il terreno di ricerca e confronto su cui tuttora si cimentano, con opinioni non sempre univoche, molti studiosi. Secondo Tortonese - autore, nei primi anni Settanta, dei due volumi della "Fauna d'Italia" dedicati ai pesci ossei - le trote italiane apparterrebbero tutte alla specie *Salmo trutta*, polimorfa e politipica, caratterizzata da grande variabilità nella taglia, nella livrea, nel comportamento, capace di dare origine a varietà locali ed ecotipi. In particolare la forma nominale *Salmo trutta trutta*, cui viene ricondotta la trota di torrente o trota "fario", è considerata presente in tutte le regioni (Sicilia e Sardegna comprese); accanto ad essa sono riconosciute due sottospecie endemiche: la trota "marmorata" (*Salmo trutta marmoratus*), distribuita nel Po e nei suoi affluenti di origine alpina, e il carpione del Garda (*Salmo trutta carpio*), presente solo nel più esteso dei laghi italiani. Non viene invece dato valore sistematico alla trota "lacustre" e alla trota "sarda" o "macrostigma".

Salamandrina dagli occhiali (*Salamandrina terdigitata*)

Trota marmorata (*Salmo [trutta] marmoratus*)Trota fario (*Salmo [trutta] trutta*)Trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*)Trota mediterranea (*Salmo [trutta] macrostigma*)

Una ventina d'anni dopo, Gandolfi e Zerunian proposero una diversa interpretazione sistematica, per altro non ritenuta risolutiva dagli stessi Autori. In tale quadro viene concesso rango di specie al carpione del Garda (*Salmo carpio*) e al carpione del lago di Posta Fibreno (*Salmo fibreni*). Viene inoltre proposto di considerare *Salmo trutta* una "superspecie" rappresentata in Italia da tre "semi-specie" (intese quest'ultime come popolazioni che hanno completato solo in parte il processo di speciazione): esse sono la trota fario (*Salmo [trutta] trutta*), ampiamente diffusa in tutta la Penisola in seguito a semine e ripopolamenti, ma per gli Autori autoctona forse solo in alcuni torrenti dell'arco alpino; la trota mediterranea o macrostigma (*Salmo [trutta] macrostigma*), presente nei tributari tirrenici dell'Italia centro-meridionale e insulare; la trota marmorata (*Salmo [trutta] marmoratus*), endemica del distretto padano-veneto.

Il dubbio sull'autoctonia della trota fario è una questione ancora aperta. Nel 1936 l'itttiologo Edoardo Gridelli così scriveva riguardo alla situazione friulana: "La fario manca nelle acque del versante adriatico della Venezia Giulia e del Friuli, oppure, se vi si trova, la sua presenza è dovuta a immissioni recenti. È invece indigena nelle acque del versante danubiano"; cioè unicamente nei corsi della conca di Tarvisio, tributari del Danubio tramite la Gail e la Drava. L'affermazione categorica del Gridelli sull'assenza della fario dai corsi alpini tributari dell'Adriatico (perlomeno da quelli friulani) è stata progressivamente mitigata dagli Autori successivi, fino all'ipotesi che voleva la marmorata tipica dei corsi di fondovalle e di pianura, mentre la fario restava relegata ai torrenti d'alta quota. Quest'ipotesi però presenta l'incongruenza concettuale della presenza di due sottospecie in simpatia, all'interno dello stesso bacino fluviale. È vero che la fario e la marmorata hanno tendenza a diversificare habitat e alimentazione, ma è parimenti vero che la marmorata si rinviene in molti casi anche in acque d'alta quota, specie se di portata non proprio infinitesimale ( $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e se poco o nulla interessate a immissioni di fario.

Secondo il Gridelli, le prime semine di fario nei fiumi della regione friulano-giuliana risalirebbero al 1906, quando vennero immesse nell'Isonzo uova provenienti dall'incubatoio di Ilidze, presso Sarajevo. Proprio agli inizi del '900, sostenuta dalle continue immissioni a fini alieutici, la fario ha cominciato l'espansione che l'ha portata ad essere di gran lunga il salmonide più diffuso sul territorio nazionale. È tuttavia importante sottolineare che l'allevamento della trota e l'introduzione nei corsi d'acqua del materiale ittico così ottenuto non sono pratiche recenti: i primi allevamenti su scala industriale vennero impiantati in varie nazioni europee attorno alla metà del 1800, mentre in Italia il primo allevamento ittico sorse in Piemonte nel 1860. Di pochi anni successivi sono alcuni impianti friulani e trentini, mentre nel 1885 risultano già funzionanti due impianti demaniali promossi dal Governo italiano: il Regio Stabilimento Ittiogenico di Brescia, operante con varie filiali e decine di piccoli incubatoi in tutto il Nord Italia, e lo



Stabilimento di Roma. La quasi totalità delle fario allevate in questi allevamenti (e immesse nei nostri corsi d'acqua) era - ed è del resto ancor oggi - di ceppo "atlantico". La diversità tra queste fario "atlantiche", quelle dei fiumi tributari del Mediterraneo e quelle che popolano le acque del bacino danubiano non è sempre evidente sulla base dei caratteri morfologici, ma è ben rilevabile ricorrendo a tecniche biochimiche e di genetica molecolare. L'ipotesi dell'autoctonia della fario nel bacino padano richiederebbe pertanto il rinvenimento in quest'area di popolazioni "mediterranee". Di recente, studi morfologici e molecolari hanno rivelato che alcune popolazioni di fario presunte indigene delle Alpi piemontesi (torrenti Ripa, Chisone e pochi altri) sono filogeneticamente più vicine alle trote di ceppo mediterraneo che non alle popolazioni originate da ripopolamenti. Analoghe considerazioni - basate però solo su caratteri morfologici - sono state avanzate per le trote di alcuni piccoli corsi dell'Appennino reggiano, come ad esempio il torrente Riarbero (alto bacino del Secchia). Si tratta in ogni caso di torrenti prossimi agli spartiacque alpino ed appenninico, molto vicini cioè alle testate di valli percorse da tributari del Tirreno e cioè da acque appartenenti all'areale della trota mediterranea. Per questo motivo tale presenza potrebbe trovare spiegazioni in eventi geologici (ad es. fenomeni di cattura fluviale per erosione regressiva, o inversioni dell'alto corso dei fiumi nelle valli alpine in epoca glaciale) o più semplicemente in transfaunazioni ad opera dell'uomo.

Alla domanda iniziale - quali trote popolano i torrenti italiani? - è quindi possibile rispondere, allo stato attuale delle conoscenze, riassumendo quanto sopra esposto. In tutti i corsi che affluiscono nel Po e nei tributari adriatici veneto-friulani è autoctona la trota marmorata; essa non è presente negli affluenti di destra del Po, a iniziare dal Belbo: l'assenza è probabilmente dovuta alle caratteristiche degli alvei, ricchi di sedimenti fini e non idonei alla sua riproduzione. Autoctone sarebbero anche alcune popolazioni di fario dell'Appennino reggiano e del Piemonte occidentale, affini alla macrostigma. Quest'ultima risulta distribuita in vari corsi del versante tirrenico e ionico dell'Italia centro-meridionale e in alcuni fiumi delle due isole maggiori e della Corsica.

Mentre la biologia delle popolazioni italiane di macrostigma risulta ancora poco indagata, le conoscenze relative a marmorata e fario sono invece piuttosto buone e mostrano fra i due taxa varie analogie, ma anche alcune differenze. In entrambe è simile il comportamento riproduttivo. La maturità sessuale viene raggiunta dalle femmine al 3° anno d'età, mentre i maschi risultano maturi al 2° anno per quanto riguarda la fario, al 3° per la marmorata. Il periodo di frega è determinato da vari fattori, tra cui la temperatura e il fotoperiodo. All'avvicinarsi del momento dell'ovodeposizione la trota cessa di nutrirsi e risale i corsi d'acqua alla ricerca dei siti adatti; questi consistono in zone a profondità ridotta, con corrente compresa tra 20 e 60 cm al secondo, che determina un fondo con ghiaie di adatta granulometria. Giunta sul luogo di frega la femmina scava,



Trota fario (*Salmo [trutta] trutta*)

usando il ventre e la pinna caudale, una depressione di 20-40 cm di diametro in cui depone le uova che, una volta fecondate, vengono ricoperte di ghiaia con l'uso della pinna caudale; in tal modo vengono a trovarsi sotto 5-15 cm di ghiaia e sono così relativamente al riparo da insidie ambientali. Una buona circolazione interstiziale è di grande importanza per garantire l'ossigenazione delle uova deposte: la costipazione delle ghiaie dovuta alla deposizione di limi equivale alla distruzione delle zone di frega.

L'accrescimento non è particolarmente rapido. In una troticoltura di pianura alimentata da acque di risorgenza le trotelle fario nell'autunno dell'anno di nascita raggiungono in media il peso di 25 grammi e la lunghezza di 12-15 centimetri, ma ben altra cosa è il torrente montano. In natura infatti i risultati sono nettamente inferiori e sono in ogni caso dipendenti dall'ambiente: in generale vi è una correlazione con i valori altitudinali e in ultima analisi con la temperatura, che influenza direttamente i processi metabolici. Il carattere oligotrofico dei piccoli corsi d'alta quota gioca ovviamente la sua parte, come pure la quantità di energia consumata per opporsi alla velocità della corrente; pertanto le trote dei torrenti montani, pur vitalissime, mostrano sempre taglie ridotte e accrescimento lento. È interessante ancora notare che, per quanto riguarda la trofia, le acque "dure", proprie dei distretti calcarei, risultano più favorevoli delle acque scorrenti su graniti, offrendo in genere una maggiore abbondanza di organismi macrobentonici.

Oltre alla velocità di accrescimento, l'ambiente condiziona anche la taglia massima raggiunta. La trota fario raggiunge normalmente nelle acque correnti italiane dimensioni attorno ai 50 cm di lunghezza con un peso di 1,2 - 1,5 chilogrammi; lo stesso si può dire per la macrostigma, mentre nettamente maggiore

è la taglia raggiungibile dalla marmorata, per la quale sono noti esemplari ben superiori al metro di lunghezza con pesi prossimi ai 20 chilogrammi. Nei rii d'alta montagna la taglia rimane molto inferiore a queste misure e si mantiene in genere al di sotto dei 30 cm (raggiunti al quarto-quinto anno d'età).

Pur essendo la trota strettamente carnivora, il suo spettro alimentare è assai ampio, comprendendo invertebrati appartenenti ai più svariati gruppi tassonomici: oligocheti, crostacei, insetti acquatici e insetti terrestri accidentalmente caduti in acqua; i vertebrati sono ovviamente rappresentati soprattutto da piccoli pesci (la predazione può riguardare anche i conspecifici), ma occasionalmente anche da anfibii e dalle loro larve. Alcuni soggetti possono avere un'alimentazione specializzata che talvolta porta a variazioni dei caratteri organolettici della carne: è il caso delle cosiddette "trote salmonate", nelle quali il particolare colore arancio della muscolatura è prodotto dall'assunzione di carotenoidi (ad esempio l'astaxantina, presente nel corpo di alcuni crostacei).

**I salmonidi introdotti.** Oltre alle trote sinora citate, i nostri torrenti ospitano con frequenza due specie affini provenienti dal Nord America, introdotte a fini alieutici. La più nota è *Oncorhynchus mykiss*, la trota iridea (o trota iridata, o trota arcobaleno). Indicata fino a non molti anni fa come *Salmo gairdneri*, questa specie, importata per la prima volta in Europa dal Nord America attorno al 1880 (dove è nota come "rainbow trout"), conta oggi popolazioni naturalizzate anche in Sud America, Sud Africa, Asia australe e Nuova Zelanda. Benché vi siano popolazioni selvatiche in Austria e in alcune zone dell'ex Jugoslavia, nelle acque europee la specie è da considerarsi non acclimatata, in quanto generalmente non si riproduce. Anche in Italia i casi di riproduzione in acque libere, pur documentati, restano comunque un'eccezione e la diffusione dell'iridea risulta pertanto fluttuante, essendo legata in maniera contingente alle immissioni, negli ultimi anni in sensibile calo. L'iridea è la tipica trota "da pescheria", cioè la specie in assoluto più allevata nelle trotilcolture europee in virtù di un miglior coefficiente di conversione del cibo (e quindi di una più rapida crescita) rispetto alle trote nostrane.

L'altro salmonide americano occasionalmente immesso nelle nostre acque è il salmerino di fonte (*Salvelinus fontinalis*), originario delle regioni nord-orientali dell'America settentrionale, ove popola i fiumi che si gettano nell'Atlantico e nella Baia di Hudson, dal Nord della Georgia al Labrador. Come l'iridea, è stato introdotto in Europa alla fine del XIX secolo. Nei territori di origine (dov'è nota come "brook trout") la specie è presente anche con forme migratrici anadrome (che migrano cioè dai corsi d'acqua al mare); in Europa si mantiene stabilmente nelle acque dolci. Nelle acque italiane il salmerino di fonte ha mostrato difficoltà a costituire popolazioni stabili nei torrenti: l'habitat e lo spettro alimentare simili a quelli delle trote indigene danno luogo a fenomeni di competizione che portano

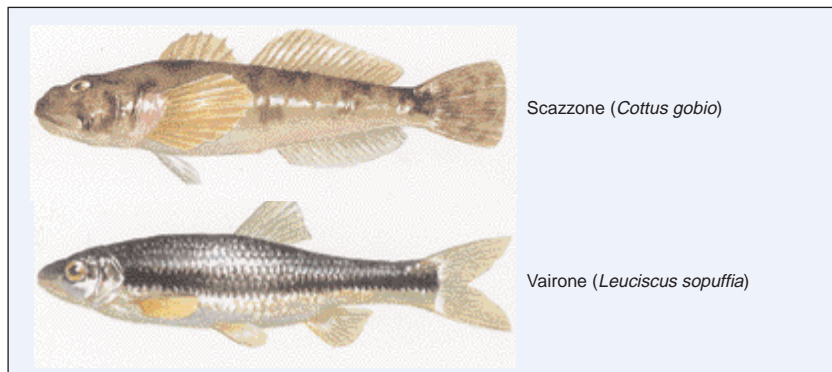


Trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*)

solitamente alla scomparsa della specie dai corsi d'acqua in cui viene introdotta, scomparsa cui potrebbero non essere estranee anche difficoltà a riprodursi in modo adeguato. La sua immissione ha avuto invece maggior successo in alcuni laghi in quota. Le popolazioni acclimate sono distribuite in modo molto frammentario sull'arco alpino e nell'Appennino settentrionale.

Un altro salmerino, *Salvelinus alpinus*, è presente e autoctono nelle acque alpine, sia pure in modo assai localizzato. In realtà la specie ha ampia diffusione circumpolare ed è presente lungo tutte le aree costiere dei mari artici e nei fiumi che vi sfociano, in cui si comporta da migratore anadromo; nell'arco alpino è da considerarsi un relitto glaciale. In Italia il salmerino è indigeno quasi certamente solo in alcuni laghi alpini del Trentino-Alto Adige; attualmente, in seguito a immissioni, esistono popolazioni acclimate in vari bacini lacustri d'alta quota dell'arco alpino e dell'Appennino settentrionale. Contrariamente a quanto accade a latitudini più settentrionali, i salmerini delle Alpi sono legati in modo esclusivo all'ambiente lacustre, dove avviene la riproduzione; il reperimento di esemplari in torrente è perciò occasionale.

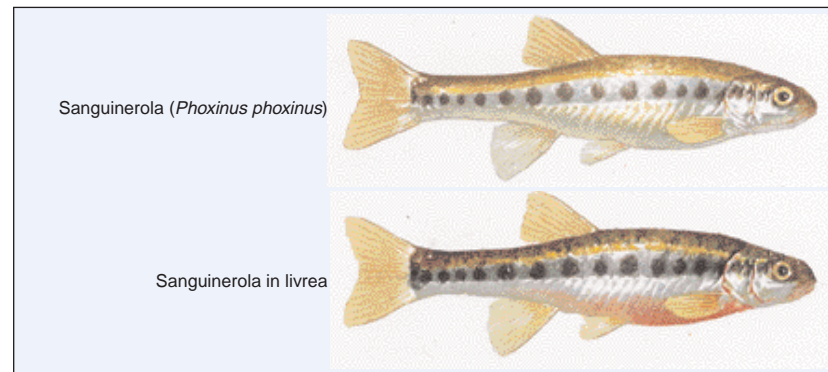
**Altre specie ittiche.** Oltre ai salmonidi citati, ben poche sono le altre specie ittiche rinvenibili nei corsi alto-montani; la più ricorrente tra queste è lo scazzone (*Cottus gobio*), distribuito su tutto l'arco alpino e, con popolazioni isolate, in vari corsi dell'Appennino settentrionale, sia sul versante padano che su quello tirrenico. La specie ha raggiunto l'Italia probabilmente dal distretto danubiano, in seguito a fenomeni di cattura fluviale tra l'alto corso di fiumi cisalpini e transalpini, distribuendosi poi - durante le fasi di regressione marina conseguenti alle glaciazioni (e di concomitante espansione del paleo Po) - nei bacini del distretto pa-



dano-veneto. Catture fluviali pleistoceniche fra corsi degli opposti versanti appenninici hanno verosimilmente determinato la successiva penetrazione nel distretto toско-laziale. Si tratta di un pesce di piccola taglia (raramente raggiunge i 15 cm), attivo durante le ore crepuscolari e notturne, la cui morfologia ne denuncia le abitudini bentoniche e la scarsa disposizione al nuoto sostenuto: l'aspetto è tozzo, la testa è grande rispetto al corpo, con occhi spostati verso l'alto, la bocca è ampia e pare rivolta verso l'alto. Frequenta acque fresche e ossigenate, dalla pianura fino ad oltre 1200 metri sul livello del mare.

Con la trota lo scazzone dà vita ad una associazione caratteristica, con mutui rapporti di predazione e di concorrenza alimentare: lo spettro trofico comprende invertebrati bentonici, ma anche uova di pesce e avannotti, non escludendo quelli della propria specie. Lo scazzone si riproduce da febbraio a maggio; la femmina depone qualche centinaio di uova sulla volta di un riparo ricavato dal maschio al di sotto di un sasso o di un altro oggetto sommerso. Ogni maschio induce in genere più femmine a deporre nella propria cavità, e accudisce le uova (potendo però, come si è detto, divorarne una parte!) fino alla schiusa, che ha luogo dopo 2-3 settimane.

Altre specie ittiche, tipiche della regione a salmonidi inferiore dei corsi d'acqua possono, in condizioni idrologiche particolari, risalire verso acque più marcatamente montane. Tra queste il temolo (*Thymallus thymallus*), che in Italia presenta una distribuzione molto simile a quella della trota marmorata. Fino ad alcuni decenni fa era abbondante in quasi tutti i tributari di sinistra del Po e in alcuni di quelli di destra (Tanaro, Bormida), e poi nell'Adige, Brenta, Piave, Livenza, Meduna, Tagliamento, Isonzo; in alcuni torrenti del versante padano dell'Appennino settentrionale è stato introdotto in tempi recenti. Questa specie gregaria è da sempre considerata indicatrice di acque pulite ed è in effetti andata rarefacendosi con il progressivo deterioramento delle condizioni ambientali. È per questo motivo che negli ultimi decenni molte popolazioni di temolo



italiane sono state sostenute da immissioni, effettuate in molti casi con materiale di provenienza danubiana.

Parzialmente sovrapposta alla distribuzione della trota è anche quella di due ciprinidi, il vairone (*Leuciscus sopuffia*) e la sanguinerola (*Phoxinus phoxinus*); entrambi frequentano le acque fresche e ossigenate dei corsi pedemontani e collinari e delle risorgive della pianura, ma si rinvencono non di rado anche a quote elevate. Si tratta di due specie gregarie di piccola taglia che si intrattengono in banchi in prossimità del fondo, evitando comunque la zona a maggior turbolenza; frequentano anche laghetti oltre i 2000 m di quota. La sanguinerola, che prende il nome dal color rosso vermiglio che tinge le parti inferiori del maschio nel periodo riproduttivo, è autoctona in Italia nel distretto padano-veneto, mentre il vairone è indigeno dei distretti padano-veneto e toско-laziale. Soprattutto quest'ultima specie è però oggetto di transfaunazioni più o meno volontarie (è noto l'uso che ne fanno i pescatori come pesce-esca) che hanno dato luogo a popolazioni isolate in vari corsi appenninici al di fuori dell'areale originario.

Nelle acque appenniniche la zona a salmonidi inferiore assume connotazioni diverse rispetto alle acque alpine: condizionano il popolamento ittico le quote sul livello del mare oggettivamente più basse, le conseguenti condizioni idrologiche, le vicende geologiche che hanno determinato le faune dei diversi distretti. Procedendo verso valle, la progressiva rarefazione della trota va di pari passo con la comparsa e l'incremento della presenza di varie specie di ciprinidi reofili: il barbo (*Barbus plebejus*), il cavedano (*Leuciscus cephalus*), il già citato vairone, cui possono accompagnarsi nelle acque del versante padano il barbo canino (*Barbus caninus*) e nei tributari tirrenici di Toscana, Lazio e Campania il barbo appenninico (*Barbus meridionalis*) e il cavedano dell'Ombrone (*Leuciscus lucumonis*). La distribuzione di tutte queste specie nell'area appenninica ha subito in tempi recenti molte alterazioni ad opera dell'uomo.



Il torrente montano nella sua facies tipica non appare certo come l'ambiente ideale ad ospitare degli anfibi; purtuttavia lungo il suo corso sono frequenti piccoli ambienti marginali (anse con acqua semistagnante, rami minori a debole corrente, minuscoli affluenti da ruscellamento, pozze temporanee, lembi di torbiera) che offrono a questi animali buone opportunità residenziali o perlomeno riproduttive. Certamente laghetti, pozze d'alpeggio, torbiere estese, stagni e fondovalle impaludati sono habitat più favorevoli, ma l'incontro con un anfibio lungo le sponde di un rio di montagna è un avvenimento consueto, non foss'altro che per il microclima umido che si instaura nelle vicinanze del corso d'acqua.

Uno di questi incontri, specialmente con tempo piovoso, può riguardare la salamandra pezzata (*Salamandra salamandra*), diffusa in tutta Europa e relativamente comune nei boschi collinari e montani di tutta la nostra Penisola, fino a quote ben superiori ai 1000 metri sul livello del mare. Questo animale elusivo, di abitudini notturne o crepuscolari, ha generalmente costumi terragnoli. È comunque legata all'acqua nel primo periodo di vita: le femmine infatti trattengono le uova fecondate all'interno del proprio corpo e partoriscono alcune decine di larve branchiate in ruscelli a corrente non elevata o, più raramente, in raccolte di acqua stagnante. I piccoli sono di norma già ben formati in autunno, ma vengono partoriti nella tarda primavera (in estate a quote elevate). Le larve, che si nutrono di invertebrati bentonici, pervengono allo stadio adulto nell'arco di alcuni mesi.

Sulla catena alpina e sui rilievi dinarici vive anche la salamandra nera (*Salamandra atra*); l'incontro con questo anfibio - sul versante meridionale delle Alpi possibile solo a quote elevate, oltre il limite della vegetazione arborea - è un evento raro ed occasionale, e certamente non legato alla vicinanza di ambienti



Salamandra pezzata (*Salamandre salamandra*)

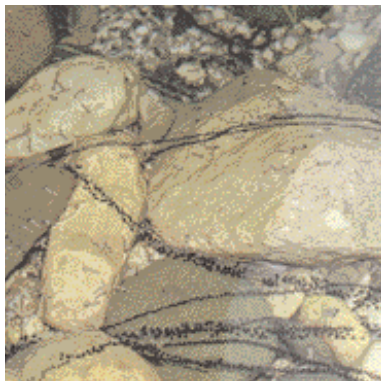
acquatici. La salamandra nera può prescindere infatti dalla presenza di acque correnti o stagnanti in quanto si tratta di un urodelo viviparo: dopo un periodo di gestazione molto lungo, che può durare anche quattro anni, la femmina partorisce uno-due piccoli (raramente tre o quattro) perfettamente metamorfosati.

Acquatico dalla primavera inoltrata alla tarda estate è invece il tritone alpestre (*Triturus alpestris*), che per il resto dell'anno frequenta i sottoboschi umidi mostrando abitudini fossorie. La riproduzione - che vede il maschio impegnato in rituali di corteggiamento - segue il periodo di quiescenza invernale; ambienti d'elezione sono laghetti alpini, stagni e torbiere; la specie può però essere rinvenuta anche nelle pozze marginali e nelle anse tranquille delle acque correnti dei torrenti. Le larve si sviluppano nei mesi estivi e rimangono in acqua fino al compimento della metamorfosi, segnata dal riassorbimento delle branchie, mentre gli adulti in agosto iniziano a rientrare nei quartieri autunnali. In Italia la specie è presente sull'arco alpino (ove è presente la sottospecie nominale), sulle Alpi Marittime, Appennino Ligure, Tosco-Emiliano e Laziale (*Triturus alpestris apuanus*) e, con popolazioni relitte, in alcune località della provincia di Cosenza (*Triturus alpestris inexpectatus*). Il tritone alpestre è l'unico urodelo acquatico che si rinventa oltre i 1500 metri sul livello del mare; a quote inferiori è possibile incontrare altre specie ad esso molto simili per biologia, aspetto e comportamento: il tritone crestato meridionale (*Triturus carnifex*), presente in tutta la Penisola, e il tritone punteggiato (*Triturus vulgaris*), assente nelle regioni meridionali.

In Italia la specie è rappresentata da due sottospecie così differenziate dal punto di vista morfologico, eco-etologico e genetico da aver fatto più volte supporre che si tratti di due specie distinte. La sottospecie nominale (*Triturus vulgaris vulgaris*) nel nostro paese si trova soltanto sulle Alpi Giulie e Carniche ove è legata a zone paludose situate all'origine di alcuni fiumi e torrenti montani. La forma me-



Tritone alpestre (*Triturus alpestris*)



Uova di rospo comune (*Bufo bufo*)

ridionale (*Triturus vulgaris meridionalis*) è invece più tipica della Pianura Padana e delle colline che la circondano pur potendo superare la quota di 800 metri. Sugli Appennini è vicariata da *T. italicus*, che lungo le aste fluviali può spingersi a discrete quote.

Ma il più importante urodelo italiano legato ai torrenti appenninici è certamente la salamandrina dagli occhiali (*Salamandrina terdigitata*), che nei tratti montani dei ruscelli depone le uova e completa lo sviluppo larvale. Si tratta di un urodelo di pochi centimetri di lun-

ghezza, ma di enorme importanza evolutiva e conservazionistica. È infatti un endemita appenninico, unico rappresentante vivente di un genere di antiche origini; si tratta forse dell'unico genere di vertebrato veramente esclusivo del nostro paese, al punto che la salamandrina dagli occhiali è stata utilizzata come simbolo dell'Unione Zoologica Italiana.

Tutti gli urodeli (e anche le loro larve) sono strettamente carnivori e ricercano prede vive: lo spettro alimentare comprende soprattutto invertebrati acquatici, ma gli adulti predano anche uova e larve di altri anfibi.

Gli ambienti acquatici marginali più sopra descritti consentono la presenza - e in qualche caso la riproduzione - anche di alcuni anuri: non è raro osservare nelle residue pozze laterali del torrente i tipici cordoni di uova o i girini neri del rospo comune (*Bufo bufo*), il più grande anfibio europeo, in grado di spingersi anche oltre i 2000 metri. Due specie di piccole dimensioni che abbisognano solo di piccole raccolte d'acqua temporanee per riprodursi sono la raganella (*Hyla* spp.) e gli ululoni (*Bombina variegata* e *B. pachypus*). Le raganelle, tuttavia, ben di rado frequentano le porzioni più elevate dei bacini imbriferi, mentre l'ululone dal ventre giallo (*B. variegata*), piuttosto comune nell'Italia nord-orientale, è in grado di spingersi fino ai 1900 metri di quota. Pur prediligendo pozzanghere, stagni ed abbeveratoi per il bestiame, si riproduce anche nelle anse più tranquille dei torrenti montani. Sugli Appennini esso è vicariato da una forma affine (*B. pachypus*) che mostra analoghe tendenze ecologiche.

L'anuro tipico della montagna è però la rana temporaria (*Rana temporaria*); l'areale italiano della specie comprende l'Arco Alpino e l'Appennino settentrionale. È una specie di bosco che può essere rinvenuta ben oltre i 2000 metri di quota, fino nelle mughete e negli arbusteti nani al di sopra del limite della vegetazione arborea; si incontra facilmente anche nei pascoli umidi ed è frequente sulle sponde prative dei torrenti. Si riproduce preferibilmente nelle torbiere e nei

laghetti montani, ma talvolta è possibile osservare i suoi girini in vene laterali del torrente. Ogni femmina depone qualche migliaio di uova e non è infrequente imbattersi in impressionanti assembramenti di girini; solo un ridotto numero di esemplari sopravviverà però fino al quarto anno, età in cui viene raggiunta la maturità sessuale. L'elevata mortalità solitamente dipende non tanto dai predatori quanto dai fattori ambientali; tuttavia va messo in rilievo che le indiscriminate immissioni di trote e salmerini operate in pressoché tutti i torrenti montani, ma soprattutto in molti piccoli laghetti d'alta quota che non ospitavano pesci, costituiscono un reale pericolo di estinzione per le popolazioni di anfibi di questi delicati ambienti. Altra rana rossa di montagna è la rana italica (*Rana italica*), rinvenibile in molte zone dell'Appennino, talora anche oltre i 1000 metri di altitudine; più piccola della temporaria, frequenta di preferenza le sponde delle acque correnti, ed è un importante endemita della fauna italiana.

Fra i pochi predatori naturali presenti nel torrente d'alta quota, un posto di rilievo spetta alla biscia d'acqua dal collare (*Natrix natrix*), che deve il nome alle due caratteristiche macchie chiare quasi sempre presenti dietro il capo, doppiate da due chiazze semilunari scure. Questo serpente, molto frequente in Italia, si trova in tutti gli ambienti acquatici; è un ottimo nuotatore e il suo spettro alimentare comprende soprattutto gli anfibi e le loro larve e i pesci di piccola taglia; invertebrati possono rientrare nella dieta degli esemplari giovanili. È comune anche in ambiente montano: le grosse femmine, che spesso sono rinvenibili anche in ambienti moderatamente xerici lontano dall'acqua, possono spinger-



Ululone dal ventre giallo (*Bombina variegata*)



si anche oltre i 1500 metri di altitudine, e la loro alimentazione va a comprendere soprattutto rospi, rane, micromammiferi e lucertole. Pur essendo l'unico rettile acquatico a queste quote, la biscia d'acqua dal collare non è però il solo serpente che si possa incontrare sulle sponde del torrente montano: il bosco ripariale moderatamente umido, specie lungo i corsi di fondovalle, è congeniale alla presenza del saettone (*Elaphe longissima*), mentre i massi e le ghiaie dei greti possono essere siti di termoregolazione sia per colubridi sia per viperidi. Fra questi ultimi, preferenza per ambienti con un certo grado di umidità manifesta il marasso (*Vipera berus*), ora presente in Italia solo sull'arco alpino, certamente uno dei serpenti meglio adattati alle alte quote. Strette affinità corologiche ed ecologiche con il marasso, con cui spesso coabita, sono evidenziate dalla lucertola vivipara (*Zootoca vivipara*). Le Alpi e la Pianura Padana rappresentano il margine meridionale del suo vastissimo areale che comprende buona parte del continente euroasiatico. Alle nostre latitudini la microtermia della specie ne limita la presenza agli ambienti montani e submontani al di sopra dei 600-700 metri di altitudine e ad alcune stazioni di pianura infrigidite dal fenomeno delle acque di risorgenza, ove vive la forma ovipara *Z. v. carniolica*.

## ■ Ornitofauna

Contrariamente ai corsi idrici di pianura, in condizioni di naturalità frequentati da una ricca avifauna che trae giovamento dalla varietà degli habitat, dalla ricchezza di nicchie ecologiche e dalla buona disponibilità trofica, il torrente montano costituisce un ambiente severo, che offre ben poche opportunità agli uccelli acquatici.

Una sola specie risulta in questo ambiente strettamente legata per tutto l'arco dell'anno all'elemento liquido: si tratta del merlo acquaiolo (*Cinclus cinclus*), singolare passeriforme presente sia sull'arco alpino sia sull'Appennino.

La straordinaria peculiarità di questo animale consiste nell'estrema disinvoltura con cui non solo si immerge e nuota, ma anche cammina sul fondo del torrente, procedendo di solito in senso contrario alla corrente e aiutandosi con movimenti equilibratori delle ali e della coda.

Queste immersioni possono durare anche una quindicina di secondi, e consentono al merlo acquaiolo di catturare gli organismi di cui si nutre: principalmente invertebrati bentonici, ma anche uova e avannotti di pesci; la dieta comprende occasionalmente una componente vegetale molto ridotta, costituita soprattutto da semi caduti in acqua.

La specie risulta più frequente come nidificante fra i 500 e i 1700 metri di quota, ma nelle zone prealpine può nidificare fin quasi in pianura, mentre sono peraltro note nidificazioni oltre i 2200 metri nelle Alpi occidentali. Il nido, di forma sferica, viene costruito con muschio e altro materiale vegetale nelle immediate



Merlo acquaiolo (*Cinclus cinclus*)

vicinanze dell'acqua, non di rado sotto un ponte o dietro una cascatella, spesso inserito nella cavità di una roccia o di un muro o fra le radici di un albero, ma anche celato fra le erbe della sponda.

Tra marzo e aprile, secondo un calendario influenzato dalla quota e dall'andamento della stagione, avviene la deposizione delle uova, che schiudono dopo 15-18 giorni. I piccoli vengono nutriti da entrambi i genitori e dopo una ventina di giorni abbandonano il nido. In questa fase non sono ancora in grado di volare, ma sono già piuttosto abili nel nuoto, e iniziano così un processo di affrancamento dai genitori che li porterà in tempi piuttosto brevi - altre 4 o 5 settimane - a distribuirsi lungo il corso d'acqua natio o in altri torrenti con erratismi anche di svariate decine di chilometri.

In generale il merlo acquaiolo è molto legato alla zona di nidificazione. Tuttavia spostamenti verticali verso il fondovalle vengono attuati nei mesi invernali dai soggetti che vivono alle quote maggiori, e nelle stagioni più sfavorevoli alcuni individui possono comparire anche in pianura. L'abbandono del territorio si determina talvolta in seguito ad alterazioni ambientali, in quanto la specie si rivela assai sensibile alla qualità dell'acqua ed ai mutamenti del regime idrologico del corso: ciò avviene, verosimilmente, per i conseguenti riflessi sulla disponibilità trofica.

Altre - poche - specie ornitiche, pur senza aver nulla dell'acquaticità del merlo acquaiolo, nidificano regolarmente lungo le sponde del torrente. Una di queste



Beccafico (*Sylvia borin*)Ballerina bianca (*Motacilla alba*)

è lo scricciolo (*Troglodytes troglodytes*) che nidifica, con poche eccezioni, in aree montane e collinari a quote comprese tra i 500 e i 2000 metri. In marzo-aprile il maschio, fortemente territoriale e non di rado poligamo, costruisce uno o più nidi di muschio di forma globosa a pochi metri d'altezza dal suolo, di regola nei sottoboschi umidi e ombrosi e spesso in vicinanza di un corso d'acqua. La cova e l'allevamento della prole sono invece lasciati alla femmina (o alle femmine). Quasi sempre, solitamente a giugno, viene effettuata una seconda deposizione. Lo scricciolo è presente - nelle aree adatte - in tutto il territorio italiano. Le poche coppie che nidificano in pianura mostrano precise esigenze microclimatiche e sono quasi sempre localizzate nei boschi ripariali. Analogo discorso vale per il beccafico (*Sylvia borin*), un piccolo silvide che in Italia nidifica sull'Arco Alpino e sull'Appennino settentrionale ad altitudini solitamente tra i 900 e i 2000 metri, preferendo i lariceti radi, la fascia degli arbusti contorti e - in particolare - i freschi cespuglieti che bordano i torrenti. La

specie nidifica sporadicamente a quote inferiori, in aree collinari, e di rado anche in pianura, dove risulta sempre associata a sponde con folta copertura vegetale a salici e ontani. Il beccafico ha un comportamento alquanto schivo, ed è localizzabile soprattutto al canto.

La presenza di questo silvide, migratore transahariano, è esclusivamente estiva. Meno elusive e di frequente incontro sulle rive del torrente sono due specie tra loro affini, la ballerina bianca (*Motacilla alba*) e la ballerina gialla (*Motacilla cinerea*), ubiquista la prima, più strettamente legata all'acqua la seconda. Il nido della ballerina gialla viene posto in ogni tipo di anfratto in vicinanza della sponda; talvolta vengono anche utilizzati vecchi nidi di scricciolo o di merlo acquaiolo. Entrambe le specie sono comuni nelle aree collinari e montane di tutta la Penisola; la densità è minore in pianura, in special modo per la ballerina gialla.

## ■ Mammalofauna

I mammiferi presenti nei territori montani in Italia costituiscono un gruppo di specie discretamente numeroso, ma di ben pochi di essi si può dire che risultino legati in senso stretto ad ambienti d'acqua dolce, e al torrente d'alta quota in particolare. Le sue sponde conoscono le scorribande dei camosci, il pascolo vigile delle marmotte, le cacce dell'ermellino e i frenetici andirivieni di invisibili roditori; ma per elencare le specie veramente acquatiche - che

svolgono cioè alcune delle loro abituali attività dentro l'elemento liquido - bastano ampiamente le dita di una mano. Due di esse sono minuscoli insettivori la cui "acquaticità" è suggerita già dal nome: il toporagno d'acqua (*Neomys fodiens*), diffuso in quasi tutte le regioni italiane, ma assente dalle isole e dal meridione d'Italia, e il toporagno acquatico di Miller (*Neomys anomalus*), diffuso in tutta la Penisola. Pur essendo i più grandi tra i toporagni italiani, si tratta di specie di piccolissima taglia (70-90 mm esclusa la coda il primo, appena più piccolo il secondo) e come tali caratterizzate da un forte tendenza al raffreddamento e da un conseguente elevatissimo livello metabolico indispensabile a mantenere costante la temperatura corporea, tanto più se gli ambienti frequentati sono a clima rigido. Ecco perciò che le frequenze cardiaca e respiratoria sono molto alte; anche la ricerca del cibo è frenetica e continua, e avviene sia a terra che sott'acqua. *Neomys fodiens* appare fra i due il più adattato all'ambiente subacqueo disponendo, lungo tutta la parte inferiore della coda e sui margini delle zampa posteriori, di frange che ne migliorano l'attitudine al nuoto. In *Neomys anomalus* tali strutture sono presenti in misura ridotta e, per quanto riguarda la coda, sono del tutto assenti o limitate alla porzione terminale. Entrambe le specie sono in grado di chiudere le aperture auricolari durante l'immersione.

Lo spettro alimentare comprende invertebrati terrestri ed acquatici, ma anche anfibi e pesci di piccola taglia e le loro larve; un ausilio alla cattura delle prede viene dalla saliva, che contiene sostanze tossiche trasmesse con il morso. Recenti ricerche indicano che *Neomys fodiens* è in grado di raggiungere fonti alimentari anche profondamente sommerse, mentre *N. anomalus* limita le sue attività trofiche alla superficie delle torbiere ed ai prati umidi. La tana è sotterranea, ed è costituita da una cavità collegata all'esterno da cunicoli, almeno uno dei quali sbocca in genere sotto il pelo dell'acqua; parte di essa viene tappezzata da erbe, muschi e altri residui vegetali a costituire il nido del parto. Questi

Toporagno d'acqua (*Neomys fodiens*)



Puzzola (*Mustela putorius*)

toporagni sono fortemente territoriali: non solo le immediate vicinanze della tana, ma anche il territorio di caccia vengono attivamente difesi dall'ingresso dei conspecifici con un grado di aggressività alquanto elevato. I combattimenti che ne conseguono, pur violenti, sono però molto ritualizzati e pertanto di solito privi di conseguenze gravi. *Neomys fodiens* è la specie più territoriale, mentre *N. anomalus* appare più gregario.

Uno dei carnivori forestali più legati alle fresche e umide golene boschive degli alvei fluviali è la puzzola (*Mustela putorius*), che in questi ambienti ricerca soprattutto anfibi e topi. La specie è in fase di regresso in tutta l'Europa occidentale, ma sopravvive in gran parte degli impervi tratti montani delle aste fluviali alpine ed appenniniche.

Parlando di mammiferi acquatici non si può non citare la lontra (*Lutra lutra*). Questo magnifico carnivoro, estremamente esigente sia dal punto di vista trofico, sia dal punto di vista delle scelte ambientali, diffuso fino alla metà del '900 - sia pure con densità diverse - in tutti gli ambienti acquatici del nostro Paese, è oggi probabilmente il mammifero a maggior rischio di estinzione non solo in Italia, ma nell'intera Europa. Le cause del drammatico e simultaneo crollo verticale delle popolazioni europee di questo mustelide vanno ricercate in una pluralità di fattori: la vulnerabilità derivante dallo status di superpredatore, e quindi da una densità in natura di per sé normalmente non elevata; la riduzione degli habitat idonei alla presenza della specie, costituiti da estesi boschi ripariali, dovuta agli imponenti mutamenti ambientali sopravvenuti - soprattutto

in pianura - in conseguenza delle grandi opere di bonifica e dell'imporsi dell'agricoltura intensiva; il generalizzato degrado del reticolo idrico, soggetto a sempre maggiori alterazioni antropiche; il prolungato protrarsi dell'attività venatoria sulla specie, considerata "nociva" in Italia fino al 1978; l'impatto di eventi negativi occasionali, come ad esempio gli investimenti stradali, su popolazioni già numericamente esigue.

Ma il fattore decisivo, quello che ha fatto della flessione numerica della lontra in tutta l'Europa occidentale un evento sincrono, repentino, silenzioso e inizialmente sottostimato, è stato quasi certamente il massiccio impiego in agricoltura di pesticidi organoclorurati (DDT, Aldrina, Dieldrina, Lindano ed Eptaclor). A queste sostanze, ormai bandite da gran parte dell'Europa, si è più tardi aggiunta un'altra categoria di pericolosi inquinanti, i policlorobifenili (PCB), utilizzati anche in Italia fino al 1983 come fluidi idraulici, plastificanti, dielettrici, scambiatori di calore, additivi negli olii lubrificanti. Fra l'altro ancor oggi la combustione di varie materie plastiche porta alla liberazione di PCB, che nell'atmosfera possono essere trasportati a grande distanza. Tutte queste sostanze sono liposolubili, estremamente stabili, soggette a lentissimi fenomeni di bioaccumulo, e sono in grado di provocare una flessione della fertilità positivamente correlata alla loro concentrazione nell'organismo dei predatori.

Le conseguenze, per quanto riguarda il nostro Paese, sono emerse con drammatica evidenza da una imponente indagine condotta da vari gruppi di ricercatori su tutto il territorio italiano: i risultati, pubblicati nel 1986, vedevano le ultime popolazioni di lontra disperse e confinate in un esiguo numero di bacini fluviali. Da allora il declino è ancora proseguito. In Italia la lontra oggi sopravvive soltanto in alcune zone depresse del centro e meridione, con un numero di effettivi che secondo le più ottimistiche stime non supera le 130 unità.

Va detto comunque che le lontre sono tendenzialmente animali di pianura o di collina. Con l'aumento di quota, infatti, la produttività degli ecosistemi fluviali decresce, i corsi d'acqua diventano oligotrofici, e la disponibilità di risorse si fa complessivamente molto limitata. Per questo motivo, anche in condizioni ottimali la densità popolazionale della specie è inversamente correlata all'altitudine; attorno ai 400 metri cala drasticamente fino a raggiungere valori subliminali nelle aste fluviali d'alta quota, ove la presenza della specie è sempre stata sporadica e limitata a ben precise fasi del ciclo vitale. Le maggiori quote sono infatti dominio stagionale dei giovani esemplari in dispersione: in questa fase essi risalgono i minori affluenti, si disperdono alla cieca lungo i versanti vallivi, superano i crinali - spingendosi talora sino ai 2000 metri - e assicurano lo scambio di geni fra le popolazioni dei diversi bacini imbriferi. Nell'attuale realtà italiana questo avviene molto raramente, e fra i problemi delle nostre popolazioni di lontra va annoverato certamente anche l'isolamento genetico.



## Ecologia dei torrenti montani

FABIO STOCH

101

Molto spesso, nella comune percezione del territorio in funzione dell'uso umano, il torrente di montagna è visto come una via di deflusso, di drenaggio delle acque che scorrono entro un alveo per raggiungere il più rapidamente possibile la pianura. Drenaggio che spesso equivale anche a smaltimento dei reflui delle attività umane.

Questa visione, che potremmo definire quasi "ingegneristica", giustifica gli interventi sui corsi d'acqua, il tentativo perenne di piegare la natura al volere dell'uomo al fine di far giungere l'acqua in pianura nel modo più rapido ed indolore possibile, evitando i danni che le piene arrecano agli insediamenti ed alle attività produttive umane. Si tratta tuttavia di una visione limitante, poiché illustra solo parte della realtà. Infatti, dal punto di vista dell'ecologo, il torrente è un ecosistema, o meglio una successione di ecosistemi che si susseguono dalla sorgente alla foce, ognuno dei quali ospita comunità animali e vegetali diversificate. In questo capitolo verrà illustrato il funzionamento di questo ecosistema, e verranno esaminati i fattori che ne regolano la struttura e la diversità.

### ■ Le zonazioni dei corsi d'acqua

Nell'ambito degli studi sulla distribuzione della flora e della fauna delle acque correnti assume particolare rilievo l'individuazione delle "zone ecologiche" che si susseguono dalla sorgente alla foce dei corsi d'acqua. Le zonazioni furono originariamente individuate soprattutto in funzione della distribuzione della fauna ittica, ed uno dei pionieri di questa ricerca fu l'ittiólogo francese Marcel Huet nell'immediato dopoguerra. I lavori di Huet hanno posto in luce come la struttura del popolamento ittico vari in relazione alla pendenza dei corsi d'acqua, venendo influenzata da tutti i parametri chimici, fisici e morfologici che con la pendenza sono strettamente correlati. Si tratta della famosa "regola delle pendenze", che distingue i popolamenti ittici lungo un ideale corso d'acqua in base ad alcune "specie guida" caratteristiche di ogni singola zona piscicola (altre specie che mostrano preferenze per una determinata zona vengono dette "specie di corteggio"). Questa classificazione è stata (ed è tuttora) largamente usata nell'Europa centro-settentrionale - sulla cui realtà ambientale è stata tarata - e con modifiche viene utilizzata anche in Italia. L'uso delle "zone piscicole" ha comun-

Alle quote più elevate i torrenti possono essere alimentati dal lento e continuo sciogliersi di nevi e ghiacci



que principalmente un valore pratico più che teorico, poiché trascura il resto della fauna.

Secondo Huet, lungo il corso di un fiume si vengono a distinguere quattro zone:

- zona a trota: acque veloci, fredde e ben ossigenate, con substrato a granulometria eterogenea (roccia, massi, ciottoli, ghiaia grossolana) e assenza di vegetazione acquatica; specie guida: trota fario e scazzone; eventuali specie di corteggio: pochi ciprinidi reofili, quali sanguinerola e vairone;
- zona a temolo: acque meno veloci, ma ancora fredde e ben ossigenate; substrato ghiaioso a granulometria costante; vegetazione sommersa in prevalenza algale e muscinale, ma compaiono le prime macrofite nei tratti a corrente più lenta; specie caratteristica è il temolo, accompagnato da salmonidi e alcuni ciprinidi reofili;
- zona a barbo: la pendenza dell'alveo diminuisce e la corrente rallenta; l'ossigenazione è ancora buona; il substrato è ghiaioso e sabbioso, la copertura macrofittica si fa consistente; il barbo, specie guida, è accompagnato da cavedano ed altri ciprinidi;
- zona ad abramide: la pendenza diviene molto dolce, la corrente è lenta, il substrato prevalentemente fangoso e la copertura macrofittica consistente; l'abramide (*Abramis brama*) è assente dalla nostra fauna; in Italia la specie guida è quindi considerata la carpa, accompagnata da tinca, scardola, alborella, triotto.

Le prime due zone costituiscono l'insieme delle "acque a salmonidi" - e sono quelle che interessano i torrenti di montagna - mentre le ultime due quelle delle "acque a ciprinidi", confinate alle aree collinari e pedemontane, nonché ovviamente a quelle pianiziarie. Questa semplice suddivisione è di estrema utilità pratica, tant'è vero che in Italia è stata adottata anche da una recente normativa di legge (D.L. 25 gennaio 1992 n. 130) che recepisce una direttiva comunitaria (attuazione della direttiva 78/659/CEE sulla qualità delle acque dolci che richiedono protezione e miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci).

Il concetto di "zonazione ecologica" delle acque correnti è stato ribadito in seguito da Illies e Botosaneanu in un lavoro "storico" apparso nel 1963, da considerarsi come una vera trattazione organica del problema, con particolare riferimento alla componente macrobentonica. Centrato principalmente sul concetto di "zonazione", il lavoro di Illies e Botosaneanu distingueva essenzialmente tre grandi "zone ecologiche" che sono state denominate, con una terminologia ancor oggi largamente usata, *crenal* (o *krenal*, zona delle sorgenti), *rhithral* (ruscelli e torrenti) e *potamal* (fiumi di pianura). Per ogni zona, piuttosto eterogenea, sono state poi indicate delle sottozone (si parla allora di *ipocrenal*, *epi-*, *meta-* e *iporhithral* e di *epi-*, *meta-* e *ipopotamal*). Ad ognuna di queste tre zone corrispondono indubbiamente popolamenti macrobentonici molto diversi tra loro (le comunità animali insediate in queste zone hanno desinenza in -on: pertanto ad esempio viene definito *crenon* il popolamento tipico del *crenal*). Esiste ovvia-

mente una corrispondenza tra popolamenti macrobentonici e popolamenti ittici; pertanto al *rhithral* si può far corrispondere la zona a salmonidi, mentre al *potamal* corrispondono essenzialmente le zone a ciprinidi.

La delimitazione di queste zone non è netta, nè è semplice applicare questa classificazione a tutte le regioni; la morfologia del territorio in cui si trova il reticolo idrografico oggetto di studio può alterare drasticamente lo schema proposto. Queste metodiche "tradizionali" utilizzate nel definire le zone ecologiche sono ritenute da parte di molti idrobiologi insoddisfacenti per la mancanza di un metodo scientificamente "rigoroso" per stabilire l'appartenenza tipologica di un tratto di corso d'acqua, carenza che lascia ampio spazio alle scelte soggettive. Questo problema è complicato dal fatto che le zone non sono ben delimitate, ma sovente sfumano le une nelle altre accavallandosi. Secondo l'idea originale di Illies e Botosaneanu, ogni volta che un affluente di rilievo confluisce con il corso d'acqua oggetto di studio, le variazioni di portata causerebbero variazioni nella composizione delle comunità macrobentoniche; non si tratta tuttavia di un fatto comprovato e generalizzabile. A questi metodi "storici" si sono affiancati pertanto negli ultimi anni moderni metodi matematici (statistica multivariata) che consentono, con l'aiuto degli elaboratori elettronici, di raggruppare le stazioni studiate (classificazione gerarchica) o di ordinarle lungo assi (ordinamento) in base alla somiglianza dei loro popolamenti faunistici.



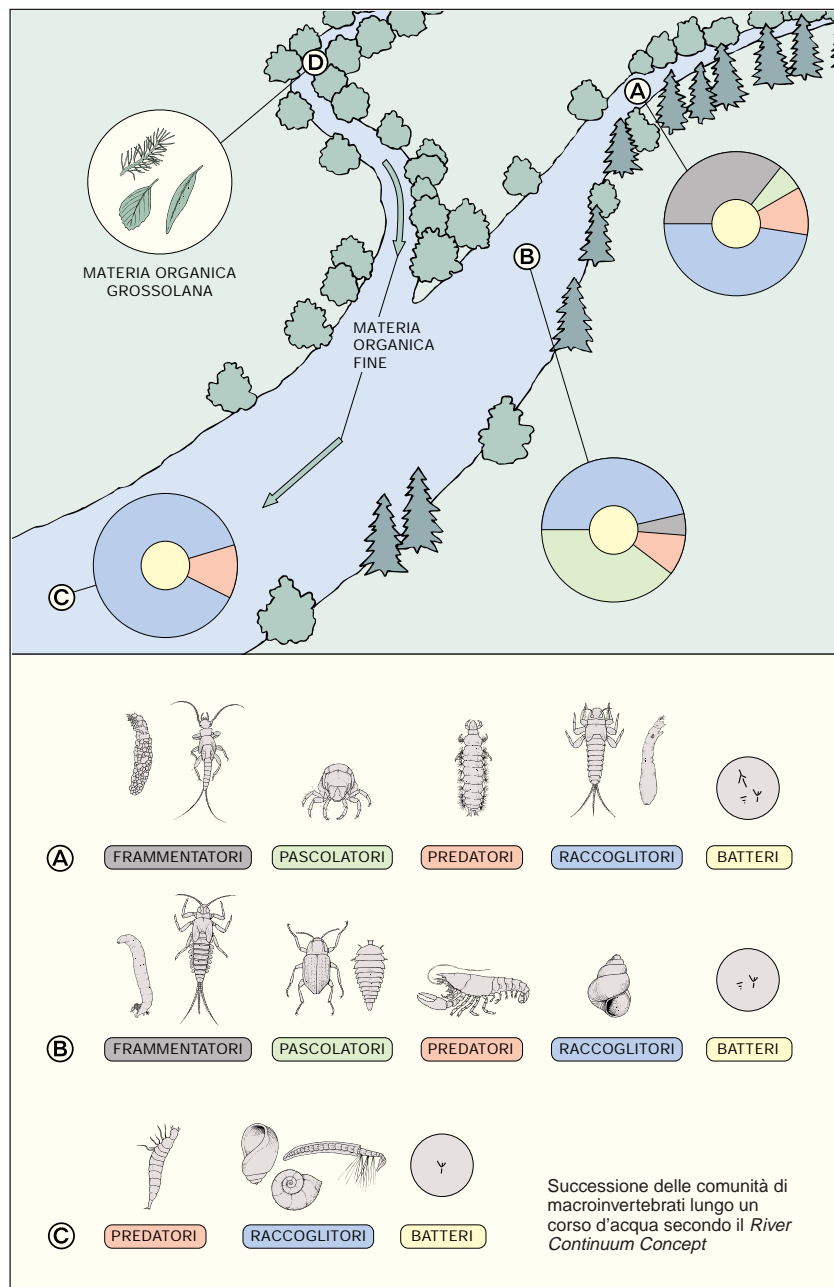
Crenal (zona delle sorgenti)



Metarhithral (zona intermedia dei torrenti)



Iporhithral (zona inferiore dei torrenti montani)



## ■ Il River Continuum Concept

Nonostante l'interesse e l'utilità pratica di suddividere i corsi d'acqua in "zone ecologiche", il concetto stesso di zonazione è stato ritenuto da alcuni ricercatori non solo impreciso, ma addirittura privo di significato, poiché non terrebbe conto del fatto che le comunità a monte influenzano quelle a valle attraverso il trasporto di materia da parte dell'acqua corrente. Secondo questi studiosi, il corso d'acqua si configura come una successione di ecosistemi dalla sorgente alla foce. Gli autori americani Vannote, Minshall, Cummins, Sedell e Cushing sono stati, in un lavoro passato alla storia dell'ecologia, i proponenti del *River Continuum Concept*. Secondo questo modello, la struttura delle comunità varia gradualmente dalla sorgente alla foce dei fiumi senza soluzioni di continuità, in funzione della pendenza, della velocità della corrente e di tutti i fattori fisico-chimici (temperatura, ossigeno e sali disciolti nelle acque), morfologici (granulometria del substrato) e trofici (presenza di sostanza organica particellata) ad essi legati.

Nonostante questo concetto sia molto convincente da un punto di vista teorico, è tuttavia innegabile che molti corsi d'acqua mostrano bruschi cambiamenti delle condizioni ambientali (in particolare del regime idraulico) che contribuiscono ad una reale zonazione delle comunità biologiche. Numerose e giustificate sono state pertanto le critiche al concetto di *continuum*. In realtà, come molto spesso accade nelle dispute scientifiche, la verità sembra stare nel mezzo, o anzi, in questo caso, da ambo le parti. I concetti di zonazione e continuum sono in realtà due modi diversi per rappresentare lo stesso fenomeno e sono stati già ampiamente dibattuti in altri campi, come ad esempio nella fitosociologia (la branca della botanica che si occupa di studiare le associazioni vegetali). Il *continuum* è infatti un concetto teorico, che parla di un gradiente dalla sorgente alla foce che può essere in parte ideale e serve a formulare teorie che vanno successivamente testate per via sperimentale. Qualsiasi continuum teorico calato nella realtà locale si frammenta in più zone ecologiche in funzione delle particolarità del territorio: la zonazione è pertanto l'aspetto reale del *continuum*, ed è molto utile per inquadrare le comunità in uno schema pratico e facilmente comprensibile.

## ■ Ecologia degli invertebrati bentonici

Gli invertebrati bentonici dei corsi d'acqua, cioè tutti quegli organismi che vivono in prossimità del substrato o al suo interno, possono essere ascritti a tre grandi gruppi ecologici. Con il termine microfauna intendiamo tecnicamente tutti quei microscopici organismi che passano attraverso un retino con vuoto di maglia di 60  $\mu\text{m}$  (60 millesimi di millimetro); vi appartengono la maggior parte

dei protozoi, molti nematodi e gli stadi giovanili di organismi di maggiori dimensioni. La microfauna dei corsi d'acqua è ancora pochissimo studiata e pertanto non ce ne occuperemo in questa sede.

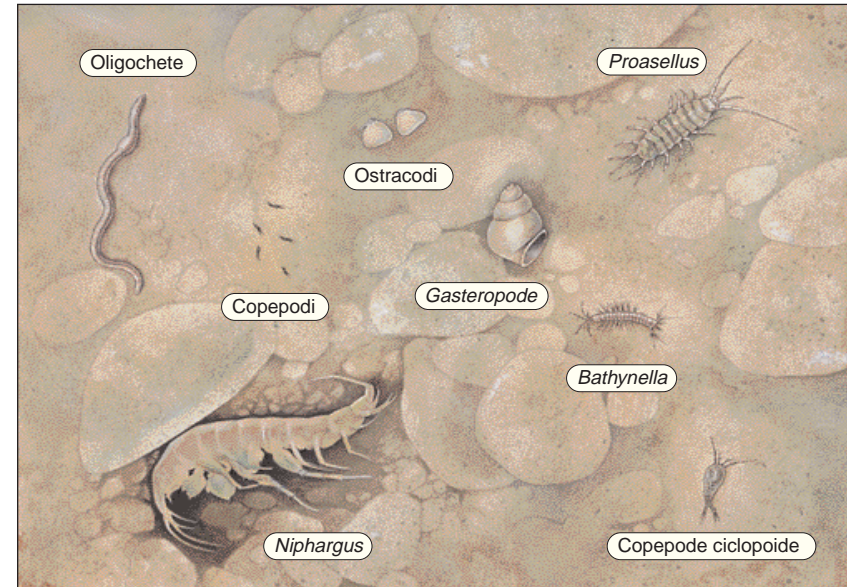
La meiofauna raggruppa tutti quegli animali che sono trattenuti dal setaccio o retino precedentemente citato, ma passano invece attraverso un retino con vuoto di maglia di 500 µm. Si tratta grossolanamente di organismi di taglia inferiore al millimetro: oligocheti, nematodi, acari, copepodi, ostracodi.

Infine i macroinvertebrati vengono trattenuti da un retino con vuoto di maglia di 500 µm; vi appartengono i più noti abitatori delle acque correnti; ne abbiamo parlato diffusamente nel capitolo dedicato agli invertebrati.

Esaminando superficialmente questa classificazione, si potrebbe pensare che i macroinvertebrati siano i più importanti componenti delle comunità dei torrenti; le loro maggiori dimensioni fanno ritenere che in termini di biomassa siano gli organismi più abbondanti, ed il fatto che sono largamente studiati ed utilizzati come indicatori farebbe supporre che da soli siano sufficienti a caratterizzare l'ecologia dei corsi d'acqua. In realtà l'esperienza dimostra che non è così. I pochi studi effettuati sulla densità della meiofauna dei torrenti ha dimostrato che questa, in termini sia di numero di individui sia di biomassa, è talora largamente superiore a quella dei macroinvertebrati. Ne deduciamo che i macroinvertebrati sono ampiamente studiati solo perché più facilmente campionabili ed identificabili, ossia solo perché si avvicinano maggiormente alla scala di percezione dell'occhio umano.

**La meiofauna.** Nei torrenti di montagna la meiofauna popola l'ambiente delle acque cosiddette "interstiziali", ossia le acque che scorrono negli interstizi che separano i granuli di ghiaia e sabbia. Naturalmente il fattore più importante che condiziona l'abbondanza e distribuzione della meiofauna è dato dalla granulometria del substrato: l'ampiezza degli interstizi pone dei limiti fisici alle dimensioni della fauna. Se i granelli di sabbia sono troppo piccoli (fatto che accade raramente nei torrenti di montagna, ma è più frequente nei fiumi di pianura), anche gli spazi interstiziali saranno piccoli - spesso colmatati da detrito organico - e la meiofauna sarà molto povera. Quando invece i granuli di ghiaia sono troppo grossi, come nei tratti ad elevata pendenza, il flusso dell'acqua tra i granuli sarà troppo elevato ed anche in questo caso la meiofauna sarà povera. Abbiamo invece una ricca fauna interstiziale nei tratti con spessi depositi di ghiaia fine e sabbia grossolana.

Anche la stabilità delle condizioni chimico-fisiche è importante; nel tratto posto immediatamente sotto la superficie del substrato sul fondo dei torrenti (la cosiddetta "zona iporreica"), le fluttuazioni dei parametri ambientali sono marcate e la meiofauna è composta in prevalenza da organismi occasionali in questo ambiente (freatosseni), o che conducono in questa zona solo una parte del lo-



La fauna dell'ambiente interstiziale

ro ciclo vitale (freatofili, in particolare giovani larve di plecoteri e ditteri chironomidi). Andando invece più in profondità nel sedimento le condizioni ambientali sono più stabili e le acque, seppure meno ossigenate, fluiscono in modo più lento e costante; è questo il luogo dove potremo trovare i freatobi, cioè gli organismi esclusivi dell'ambiente interstiziale. I freatobi sono una particolare categoria di stigobi, nome molto in uso che raggruppa tutti gli organismi che sono esclusivi delle acque sotterranee.

Lo studio dei freatobi si è sviluppato in particolare nella seconda metà del secolo scorso; le difficoltà sono insite soprattutto nel metodo di campionamento idoneo a sondare l'ambiente interstiziale. Due sono le principali metodiche di raccolta di questi organismi, tecnicamente molto semplici. La prima (che dagli ideatori prende il nome di metodo Karaman-Chappuis) consiste nello scavare delle buche nella ghiaia e nella sabbia non lontano dalla riva del torrente; l'acqua interstiziale che riempie la buca dopo un certo lasso di tempo (che dipende dalla permeabilità del substrato) viene raccolta con un recipiente e filtrata attraverso un retino a maglie fitte. Il secondo metodo (metodo Bou-Rouch) richiede l'uso di una pompa manuale, che si applica ad una sonda metallica bucherellata nel tratto terminale; la sonda viene infissa nella ghiaia sul fondo del torrente, in cui può esser fatta penetrare anche per 1-2 m di profondità (a seconda del tipo di substrato) e con essa si aspira l'acqua interstiziale contenen-



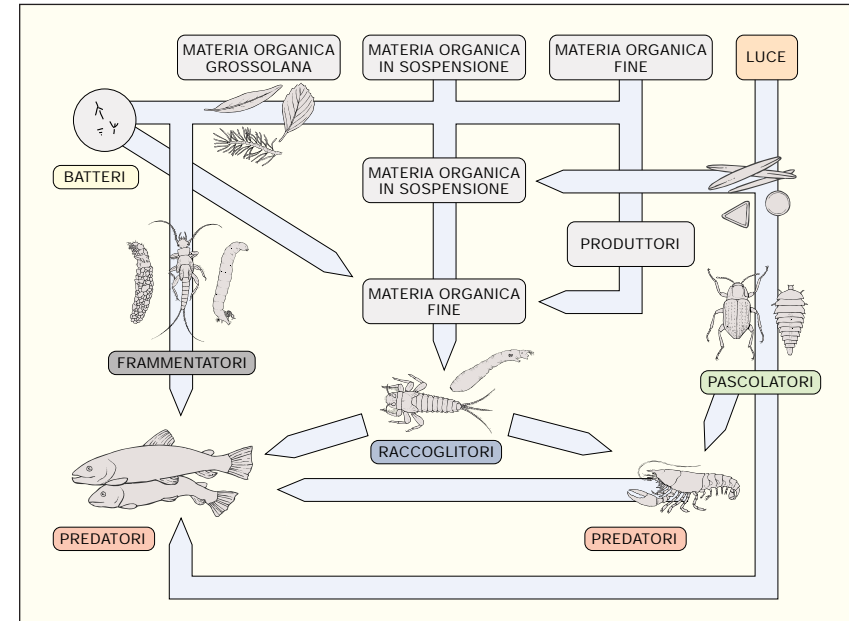
te i freatobi. L'applicazione di questi semplici metodi ha dischiuso agli scienziati un intero nuovo mondo di esseri stranissimi, ciechi e depigmentati, con organi di senso molto sviluppati e modificazioni del corpo idonee a raggomitolarsi tra i granuli di sedimento (forme volvazionali), o dal corpo allungato atto a infilarsi negli interstizi tra granulo e granulo (forme allungate e vermiformi).

A misura di quanto si sale lungo il corso dei torrenti e si raggiungono quote più elevate, man mano la granulometria del substrato diviene più grossolana ed il nutrimento più scarso; la diversità dei freatobi diminuisce pertanto con la quota. I freatobi sono dunque poco abbondanti nei tratti glaciali, ma non per questo assenti; anzi proprio in questi tratti si rinvenivano alcune specie rare e talora endemiche, esclusive di un'area limitata a pochi massicci alpini.

**Macroinvertebrati e categorie funzionali.** Nelle acque correnti l'attenzione degli ecologi è stata rivolta principalmente al ruolo funzionale che gli invertebrati, come consumatori, rivestono nella rete alimentare e pertanto alle modalità con le quali si procurano il cibo. Il pioniere di questi studi fu l'americano Cummins che nel 1974 ideò uno schema che attribuisce gli invertebrati dei torrenti a quattro categorie principali:

- frammentatori (*shredders*): sono invertebrati che si nutrono di detrito (detritivori) e, alimentandosi, frammentano la sostanza organica grossolana (cioè le cui particelle hanno un diametro superiore ai 2 mm); appartengono a questa categoria, ad esempio, le larve di tricoteri limnephilidi, molte larve di plecoteri, i crostacei antipodi
- collettori (*collectors*): sono detritivori che si nutrono della sostanza organica fine (cioè particelle di diametro inferiore ai 2 mm) che possono procurarsi in due modi; i raccoglitori (*gatherers*) la raccolgono dal fondo, dai detriti organici e dai sedimenti (esempio: larve di efemeroteri scavatrici come quelle del genere *Ephemer*; oligocheti; molte larve di chironomidi; la maggior parte della meiofauna); i filtratori (*filterers*) filtrano invece l'acqua corrente ricavandone le particelle alimentari trasportate dalla corrente (ad esempio le larve di ditteri simuliidi, le larve di tricoteri idropsichidi)
- pascolatori (*grazers*)-raschiatori (*scrapers*): si nutrono delle alghe e dello strato organico attaccato al substrato o a detrito grossolano (tronchi, foglie, ecc.) che possono prelevare o raschiare con l'apparato boccale appositamente conformato; vi appartengono ad esempio i coleotteri elmidi, gli efemeroteri epitageniidi o, tra i raschiatori, i gasteropodi
- predatori (*predators*): vi appartengono i carnivori, che predano altri invertebrati; tra questi ad esempio gli irudinei, le larve di odonati, i coleotteri ditiscidi, i chironomidi tanipodini; appartengono ovviamente a questa categoria, pur non essendo invertebrati, i pesci come salmonidi e cottidi.

Naturalmente si può intuire come le abbondanze relative delle diverse cate-



Rete alimentare di un torrente montano

rie debbano necessariamente variare lungo un corso d'acqua, in funzione principalmente della disponibilità di sostanza organica. Il *River Continuum Concept* ha come suo punto fermo la graduale variazione della disponibilità di sostanza organica dei diversi tipi spostandosi dalla sorgente alla foce di un corso d'acqua e pertanto presuppone che le reti alimentari varino di conseguenza in un modo che può essere predetto dalla teoria. I frammentatori sono in genere più abbondanti nei tratti superiori dei corsi d'acqua (dove, in funzione della velocità della corrente, è maggiormente disponibile la sostanza organica grossolana); i filtratori aumentano gradualmente scendendo lungo un torrente, finché la corrente non diviene troppo lenta, rendendo inefficiente il meccanismo di filtrazione; i pascolatori sono più abbondanti nei tratti intermedi dei torrenti; infine i raccoglitori sono dominanti nei tratti inferiori, nei fiumi di pianura o nelle anse laterali dei torrenti di montagna ove vi è accumulo di detrito. Tutti questi organismi pertanto svolgono quello che viene definito "riciclaggio della sostanza organica": si nutrono cioè, ad eccezione degli erbivori, di detrito grossolano e fine, "riciclandolo". Il ruolo di questi organismi è pertanto fondamentale anche nel riciclaggio della sostanza organica prodotta da fenomeni di inquinamento (ad esempio da scarichi fognari), contribuendo a quello che viene definito "potere autodepurativo" di un corso d'acqua.



Zone a rapide e cascatelle (riffles e runs) si alternano a pozze (pools) in un torrente montano

## ■ I fattori che regolano la biodiversità

Il rhithral dei torrenti (con le sue acque fresche ed il substrato ciottoloso e ghiaioso, ricco di interstizi e idoneo ad albergare numerosi organismi) rappresenta il corso d'acqua ideale per la coesistenza di un elevato numero di specie, cioè quello che oggi viene definito "ambiente ad elevata biodiversità".

La biodiversità dei torrenti può venire spiegata in funzione di due distinti ambiti temporali, uno storico ed uno ecologico. Da un punto di vista storico, la diversità è il prodotto finale della radiazione adattativa in un ambiente che cambia lentamente in un lungo periodo di tempo, a partire da iniziali colonizzatori: la nascita di nuove specie in questi ambienti è conseguenza della distribuzione della fauna, dell'isolamento dei bacini idrografici e della selezione naturale che opera per lunghi periodi di tempo. Da un punto di vista ecologico, è importante la variabilità delle condizioni ambientali: questa può essere funzione di eventi eccezionali (come nel caso di una piena o di un intervento antropico), o continua nel tempo (come per le variazioni stagionali di temperatura e nutrienti) e nello spazio (variazioni di velocità della corrente e granulometria del substrato lungo un corso d'acqua).

In alcuni corsi d'acqua la variabilità nel tempo delle condizioni ambientali è molto modesta; è questo il caso dei rivoli che escono dalle sorgenti. In altri, come nel tratto rhithrale, si assiste a variazioni cicliche, che possono essere previste con semplici modelli matematici in funzione delle condizioni climatiche dell'area. In altri ancora (torrenti intermittenti, o corsi d'acqua effimeri) prevalgono variazioni brusche e che possiamo prevedere sono in parte, come piene improvvise e siccità durante i periodi meno piovosi. Gli invertebrati delle acque correnti sviluppano strategie di vita molto differenziate che permettono alle diverse specie di adattarsi alle diverse condizioni ambientali. In genere pertanto un ambiente moderatamente variabile nel tempo e nello spazio, come il rhithral, è più ricco di specie che non un ambiente costante come una sorgente; quando tuttavia la variabilità supera un certo valore soglia e il torrente diviene intermittente, assistiamo ad un brusco calo della diversità. Questa teoria è stata sviluppata per la prima volta dall'americano Connell nel 1978 ed è nota con il nome di "*Intermediate Disturbance Hypothesis*".

In un corso d'acqua non sono importanti solamente le variazioni longitudinali delle caratteristiche ambientali, cioè i cambiamenti che si verificano dalla sorgente alla foce, ma è egualmente importante la varietà delle condizioni ambientali che si possono osservare in un unico sito. Se infatti ci avviciniamo alla riva di un torrente in un punto qualsiasi e osserviamo criticamente l'ambiente che appare ai nostri occhi, ben difficilmente ci troviamo di fronte ad un ambiente unico ed uniforme. Piuttosto, l'impressione sarà quella di un mosaico di microambienti: pozze profonde (*pools*) si alternano a tratti a rapide e cascatelle



Vivere nelle acque correnti significa avere importanti vantaggi ma anche alcuni svantaggi rispetto ad organismi acquatici che vivono in ambienti con acque ferme quali laghi, stagni, pozze. Possiamo riassumere i vantaggi ricordando il beneficio di un costante flusso di materia organica e il rinnovarsi continuo dell'acqua che assicura buona ossigenazione e la risoluzione in breve tempo di improvvisi cambiamenti chimici o fisici. Gli svantaggi sono essenzialmente dovuti al pericolo di perdere contatto con il proprio habitat, perché portati via dalla corrente.

Muoversi contro corrente è prerogativa di animali con ottime capacità natatorie e quindi riguarda quasi esclusivamente i pesci, in particolare i salmonidi come le trote, di cui sono note le migrazioni riproduttive verso monte. Gli invertebrati invece hanno solamente la possibilità di lasciarsi trasportare verso valle dalla corrente stessa. Questo fenomeno è molto diffuso e in un qualsiasi momento è possibile trovare una parte della comunità bentonica "dispersa" o "fluttuante" nel corpo d'acqua. L'insieme degli organismi trasportati passivamente dalla corrente prende il nome di "drift". Il fenomeno è ampiamente studiato per il fondamentale ruolo che svolge nel complesso funzionamento dell'ecosistema fiume.

Sono state distinte quattro tipologie di

drift: catastrofico, comportamentale, distribuzionale e costante.

Per "drift catastrofico" si intende quello associato ad improvvisi e consistenti cambiamenti di portata, velocità, temperatura o condizioni chimiche. In queste situazioni di stress gli organismi bentonici vengono rimossi o disturbati ed entrano in massa nel flusso di corrente.

Il "drift comportamentale" è causato dall'attività specifica di ciascun individuo e può essere attivo (organismi che si lasciano andare per sfuggire ad un predatore) o passivo (organismi trascinati in sospensione mentre si nutrono in una zona con pochi appigli). La frequenza di questi eventi è relativamente bassa e legata ai comportamenti "a rischio" di ciascuna specie.

Per "drift distribuzionale" si intende la migrazione verso valle di stadi giovanili e può interessare molti individui in momenti diversi e ogni taxon mostra una periodicità tipica sia stagionale che giornaliera. Infine il "drift costante" è quello dovuto ad "incidenti" che fanno perdere il contatto con il substrato, non dovuti a specifici comportamenti. Riguarda pochi individui e non ha periodicità prevedibile.

Una volta entrato nel drift l'organismo percorre un tratto verso valle finché non riprende contatto con il substrato. Ciò avviene in condizioni favorevoli quali il ral-

lentamento della corrente in un'ansa, il passaggio su un raschio ricco di appigli ecc. La distanza percorsa varia da pochi metri a qualche decina o più in dipendenza delle condizioni ambientali e delle abilità di ciascuna specie. Si pensi ad esempio ad una larva di chironomide, priva di appendici articolate e alla ninfa di un efemerottero, capace di nuotare nella direzione voluta e con sei zampe provviste di unghie terminali. L'evento di trasporto nel drift potrà ripetersi più volte nel corso della vita di una larva acquatica e quindi la distanza compresa tra il punto di deposizione dell'uovo e quello in cui si completa la metamorfosi, con la fuoriuscita dello stadio adulto, può essere considerevole. Per compensare questa discesa a valle, gli adulti risalgono in volo il corso d'acqua e depongono le uova a monte per iniziare un nuovo ciclo biologico (ciclo di colonizzazione).

Gli organismi acquatici hanno tendenza al drift diversa, più o meno accentuata in dipendenza delle abitudini di vita e della forma del corpo. Sono considerati più propensi al drift gli efemerotteri, seguiti da ditteri simuliidi e chironomidi, quindi plecoteri, e infine stadi giovanili di tricotteri. In fondo alla scala troviamo i crostacei anfipodi, i tricladi e gli irudinei, in cui la scarsa tendenza al drift è accompagnata alla mancanza di una fase alata in grado di compensare il trasporto verso valle.

Il drift, con poche eccezioni, è più intenso nelle ore di buio, con picchi dopo il tramonto e prima dell'alba. Ciò è stato messo in relazione alla necessità di evitare la predazione da parte di cacciatori a vista come i pesci. In zone in cui questi sono assenti, come in quelle più alte dei torrenti, è stata osservata una minore propensione al drift notturno da parte di quasi tutti gli organismi. Questa ipotesi è stata confermata da molte ricerche sperimentali ma vi sono anche organismi che non sono prede appetibili e che tuttavia tendono a entrare nel drift in ore notturne.



(*riffles* e *runs*); ciottoli e massi si intercalano a tratti a ghiaia grossolana e depositi di ghiaia fine o sabbia; le rive sono talora dolci e spoglie, talora vegetate, talora ripide e franose, talora ricche di muschi. Anche il regime idrologico varia, con tratti assorbenti (*downwelling*), in cui l'acqua si disperde tra le ghiaie di fondo, e tratti di emersione (*upwelling*), in cui l'acqua dal sotto-suolo riemerge in superficie. Questo mosaico ambientale è ben noto agli ecologi, poiché nel suo ambito ogni specie animale ricava una propria nicchia ecologica; ne consegue che mosaici ambientali complessi ospitano una fauna ricca e diversificata, mentre ambienti omogenei o resi omogenei dall'intervento dell'uomo ospitano una fauna semplificata o talora banale.

Tutti questi microambienti (che gli ecologi anglosassoni indicano con il termine di *patch*) non sono tuttavia statici nel tempo; si tratta di ambienti dinamici, che cambiano in funzione del regime idraulico di un corso d'acqua. Cambiamenti di questo tipo portano a fluttuazioni cicliche della biodiversità e contribuiscono ad arricchirla; questa teoria, enunciata dall'inglese Townsend, va sotto il nome di *patch dynamics*.

Per comprendere più a fondo il problema della complessità ambientale dovremmo però osservare un torrente non con i nostri occhi, ma con gli occhi di un pesce o di un invertebrato. Se immaginassimo per un momento di cambiare prospettiva e





Sorgente reocrena in sottobosco: in questa tipologia predominano i frammentatori

di osservare il fondo di un fiume come fossimo efemerotteri, tutto ci apparirebbe in modo diverso. Ecco che diverrebbero enormi le fessure e gli spazi tra i ciottoli o i granelli di ghiaia, che erano impercettibili all'occhio umano; ecco che piccole variazioni di corrente, che ci sembravano insignificanti, diverrebbero piene tumultuose; ed infine i piccoli pulvini di muschi ci apparirebbero ora come complesse ed inestricabili foreste.

Naturalmente, se pensassimo di osservare il tutto al microscopio, immedesimandoci in un acaro o in un copepode, la complessità dell'ambiente sarebbe ancora maggiore, i piccoli interstizi tra i granelli di ghiaia o sabbia diverrebbero grotte e labirinti e lo spazio in cui poter abitare o nascondersi aumenterebbe a

dismisura. Da questa semplice ed immaginaria descrizione possiamo facilmente comprendere che la complessità dell'ambiente aumenta progressivamente col diminuire dell'unità di misura: un tratto di torrente lungo 10 metri per noi umani, appare immensamente più lungo ad un efemerottero, che lo misura in millimetri e pertanto rileva tutte le piccole asperità del fondale che può abitare. Questo fenomeno è ben noto in ecologia (ed è riconducibile alla natura "frattale" dei corsi d'acqua) e spiega molti aspetti di questi ambienti che finora potevamo solo intuire. Spiega ad esempio perché sono molto più importanti gli organismi della meiofauna rispetto ai macroinvertebrati: principalmente perché per essi lo spazio abitabile è incredibilmente superiore. Ma spiega soprattutto perché un torrente è molto più ricco di vita di un canale costruito dall'uomo: nel torrente abbiamo un mosaico di microambienti che l'uomo, nel suo tentativo di sostituirsi alla natura, non è in grado di ricreare.

### ■ Ecologia delle sorgenti

Le sorgenti di montagna (ascrivibili al *crenal*) appartengono a due tipologie.

**Sorgenti reocrene.** Nelle sorgenti reocrene l'acqua fuoriesce con discreta velocità di corrente dalla roccia, dal detrito grossolano o anche dal terreno di sottobosco. La fauna che predilige le sorgenti di questo tipo è dominata dai frammentatori, quali larve di plecoteri e tricoteri, accanto a numerosi ditteri, in parti-

colare chironomidi. Sono presenti, spesso in minor misura, efemerotteri eptageniidi, ditteri psicodidi, crostacei anfipodi; tra la meiofauna dominano gli acari acquatici ed i copepodi arpattoicoidi, che conducono vita prevalentemente muscicola o interstiziale. Sono in genere più ricche, sia qualitativamente sia quantitativamente, le sorgenti in cui la corrente è meno impetuosa, quelle che si aprono sui versanti a minor pendenza, in sottobosco o ricche di muschi che offrono ospitalità ad un elevato numero di invertebrati. Nel caso in cui la sorgente scenda lungo una parete rocciosa, può formare solo una sottile lamina d'acqua che scorre verticalmente; si parla in questi casi di ambiente igrope-trico, che possiede una fauna molto particolare, ricca di crostacei arpattoicoidi, tricoteri e soprattutto larve di ditteri (chironomidi, taumaleidi, psicodidi, tipulidi, straziomiidi), talora esclusivi di questi ambienti.

**Sorgenti elocrene.** In questa tipologia di sorgenti l'acqua che fuoriesce diffusamente dal terreno, in funzione della modesta pendenza, non forma un rivolo unico in cui scorrere bensì si disperde in pozze e pozzette che vengono lentamente drenate da numerosi rivoli, a corrente debole, per poi confluire in uno o più collettori. Sono sorgenti tipiche delle aree a pascolo, ma si ritrovano talora anche in sottobosco. La fauna è diversa da quella delle sorgenti reocrene e risulta arricchita di elementi tipici di acque a lento decorso (raccoglitori, pascolatori, raschiatori), quali larve di efemerotteri, tricoteri limnefilidi, coleotteri ditiscidi e, tra la meiofauna, copepodi ciclopoidi; quando il tenore in calcio lo consente, vi abbondano molluschi gasteropodi e bivalvi.

Gli ambienti di sorgente sono notoriamente considerati "stabili"; le variazioni circadiane (cioè nell'ambito delle 24 ore) e stagionali di temperatura e del chimismo delle acque sono notoriamente piuttosto contenute. La temperatura in particolare varia in funzione della quota delle sorgenti, con cui è negativamente correlata; recenti ricerche svolte nel Trentino hanno dimostrato come le fluttuazioni giornaliere di questo parametro siano impercettibili, inferiori all'errore strumentale. Anche l'ossigeno disciolto delle sorgenti di montagna è elevato, a differenza di quanto avviene nelle sorgenti a quote più basse. Ciò è da porre presumibilmente in relazione con il fatto che le acque di montagna, prima di



Sorgente reocrena che forma veli igrope-trici su pareti verticali

venire a giorno, attraversano in genere sedimenti grossolani molto permeabili, mentre quelle pedemontane o planiziarie attraversano strati di terreno ove i processi della decomposizione impoveriscono di ossigeno le acque. A questo proposito è stato notato che, contrariamente a quanto si potrebbe pensare, le sorgenti elocrene, in cui l'acqua esce diffusamente dal suolo, sono più ossigenate di quelle reocrene. Il chimismo delle acque è invece piuttosto variabile da sorgente a sorgente, in relazione alla tipologia delle rocce che le acque attraversano.

### ■ Ecologia dei torrenti d'alta quota

In tempi recenti sono state proposte diverse classificazioni per i torrenti d'alta quota e tra queste ha trovato largo consenso quella proposta da J. V. Ward nel 1994. Questo autore distingue, al di sopra della linea degli alberi ed in base all'origine, il *kryal* (tratto dominato da acque di scioglimento glaciale) dal crenal e dal rhithral. Il diverso contributo relativo di acque provenienti da scioglimento di ghiacciai, di nevai, da sorgenti e da precipitazioni, genera sensibili differenze nel regime idrologico, nella qualità chimico-fisica delle acque e quindi nella struttura delle comunità vegetali ed animali.

Queste tre tipologie sono accomunate da alcune caratteristiche generali, esclusive dei torrenti montani al di sopra della vegetazione arborea. La temperatura dell'acqua è generalmente inferiore ai 10 °C anche nel breve periodo estivo. La



Un tipico torrente d'alta quota che nasce da un piccolo nevaio (Alpi Carniche)

pendenza elevata determina una corrente veloce, associata ad elevata turbolenza, buona ossigenazione e assenza di plancton e di macrofite radicate.

La vegetazione riparia è costituita da bassi cespugli ed erbe oppure, alle quote più elevate, è assente. Questo comporta la mancanza del massiccio apporto di materiale vegetale di origine arborea, che nei tratti a valle costituisce la più importante fonte energetica del metabolismo fluviale. L'assenza di vegetazione arborea significa anche una maggior esposizione alla luce e la riduzione di microhabitat rappresentati da rami, radici esposte, ammassi di foglie.

A queste caratteristiche comuni si aggiungono importanti differenze tra le tre tipologie considerate. Il *kryal*, dominato da apporti di origine glaciale, manifesta le condizioni più difficili per la vita acquatica. L'acqua che alimenta questi tratti proviene da due distinte fonti: dalla base del ghiacciaio, per fusione dovuta all'attrito generato dal movimento della massa glaciale con la roccia sottostante e dallo scioglimento superficiale, dovuto all'azione del sole sulla superficie. La prima fonte è relativamente costante nel corso dell'anno e indipendente dalla temperatura esterna, la seconda è stagionale e con forti variazioni giornaliere in dipendenza delle condizioni meteorologiche. In estate le due componenti si sommano e si hanno aumenti di portata che possono variare di un ordine di grandezza di 5-10 volte nell'arco delle 24 ore. Tipicamente si assiste ad una curva di crescita della portata a partire dal mattino, con un massimo nel tardo pomeriggio e un minimo all'alba. Le acque provenienti da sotto la massa glaciale comprendono acque di falda e sono in genere quasi "pure" con un contenuto salino superiore a quello delle acque di scioglimento superficiale. La conseguenza di questo è un forte effetto di diluizione e le fluttuazioni di portata estive risultano associate a fluttuazioni delle caratteristiche chimiche, con un simile ordine di grandezza.

A queste condizioni di stress idraulico si aggiungono le temperature molto basse (inferiori a 4°C) e l'elevato trasporto solido. Quest'ultimo consiste di particelle di sabbia e argilla provenienti dall'esarazione della massa glaciale e tenute in sospensione dalla turbolenza. L'effetto è di ridurre la trasparenza e di esercitare un'azione abrasiva, esasperando ulteriormente le difficoltà di sviluppo della componente vegetale. La comunità zoobentonica è spesso molto semplificata e comprende poche specie molto specializzate.

In tutte le tipologie vi è un chiaro gradiente longitudinale di colonizzazione da parte degli invertebrati bentonici e la composizione qualitativa e quantitativa delle comunità si modifica da monte verso valle, adattandosi continuamente al variare delle condizioni ambientali. Questo continuo e costante variare è ben studiato e noto (si veda la discussione del *River Continuum Concept*) mentre molto meno noti sono i cambiamenti che avvengono nel tratto iniziale, quello in cui si passa dal "punto zero", ovvero dall'acqua quasi pura, pressoché priva di vita, al punto in cui si rinviene una prima comunità ben strutturata. Sulle Alpi

questo tratto va generalmente dall'origine (ghiacciai, nevai) alla linea degli alberi (1800-2000 m s.l.m.). In particolare, due ricercatori inglesi hanno elaborato nel 1994 un modello valido per i torrenti glaciali che prevede una successione di comunità zoobentoniche dalla bocca glaciale verso valle, in relazione al variare di alcuni parametri di base quali la temperatura dell'acqua e la stabilità dell'alveo. Il modello è basato su dati ricavati dalla letteratura europea ed americana ed è stato testato in diverse recenti ricerche in Europa.

In realtà, indipendentemente dall'origine, la comunità dei macroinvertebrati nei tratti più a monte dei torrenti d'alta quota è dominata, sia in numero di specie sia in numero di individui, dai ditteri chironomidi. Nei torrenti glaciali questa famiglia arriva a costituire anche il 100% della comunità in prossimità della bocca del ghiacciaio. L'abbondanza relativa di chironomidi diminuisce all'aumentare della distanza dalla sorgente indipendentemente dall'origine, mentre diventa via via sempre più importante la presenza di altri insetti quali plecoteri, efemeroteri e tricoteri. La quota e la distanza dal ghiacciaio a cui i chironomidi scendono sotto la soglia del 50% della comunità varia in funzione di diversi fattori quali l'attività del ghiacciaio, la morfologia dell'alveo, l'andamento giornaliero e stagionale della temperatura dell'acqua e della portata.

Invertebrati diversi dagli insetti quali nematodi, oligocheti, tricladi e crostacei possono essere presenti con una certa abbondanza anche nei tratti più a monte, generalmente associati a pozze laterali (oligocheti) o in zone dove vi è affioramento in subalveo di acque di falda (crostacei). Alla variabilità nello spazio si aggiunge una notevole variabilità nel tempo. La generale scarsità di risorse alimentari che caratterizza questi ecosistemi fa sì che piccole variazioni della produzione primaria possano largamente influenzare le comunità animali. La produzione primaria nei tratti criali è dovuta soprattutto allo sviluppo di alghe incrostanti (principalmente cianobatteri e diatomee) e alla crisofita *Hydrurus foetidus*. In sintesi, le acque correnti poste sopra la linea degli alberi presentano una generale diminuzione della biodiversità con l'aumentare dell'altitudine e una grande variabilità nel tempo e nello spazio.

### ■ Ecologia dei torrenti di fondovalle

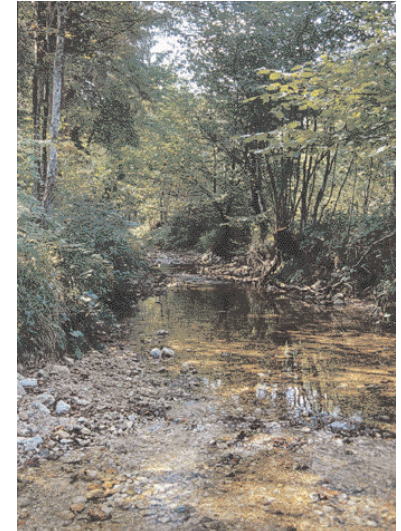
A differenza dei torrenti d'alta quota, i corsi d'acqua che attraversano tratti boschivi sono molto più ricchi di sostanza organica proveniente dalle foglie degli alberi, dai tronchi in decomposizione o, per dilavamento, direttamente dal terreno. La comunità macrobentonica è qui più abbondante ed arricchita di tutti quei consumatori di detrito la cui presenza nei tratti d'alta quota era limitata proprio dalla scarsità di cibo; si dice che questi torrenti sono più produttivi, cioè a parità di estensione producono nel corso dell'anno una maggior quantità di sostanza organica (dovuta a riproduzione ed accrescimento) rispetto ai

tratti posti a quote più elevate. Si tratta sempre di una produttività prevalentemente secondaria poiché, come discusso nella parte botanica di questo volume, la produzione primaria dovuta alle patine algali è ben poca cosa in questi tratti, in genere ombreggiati, e le macrofite acquatiche sono del tutto assenti.

Mentre per il rhithral d'alta quota, trattandosi di un ambiente "difficile" (temperatura molto bassa, povertà di risorse), abbiamo visto che i fattori abiotici giocano un ruolo prevalente nello strutturare le comunità animali, nei torrenti di fondovalle divengono anche importanti le interazioni biotiche (in primo luogo competizione e predazione). Mentre tuttavia il ruolo dei fattori abiotici è ben documentato e studiato, quel-

lo dei fattori biotici, in relazione alla complessità del problema, è supportato da un limitatissimo numero di studi. Da questi emerge, in particolare, che la competizione ha importanza nello strutturare la comunità bentonica solo occasionalmente: ciò avviene, in particolare, quando le favorevoli condizioni trofiche e una predazione moderata permettono alle popolazioni di raggiungere densità elevate.

Riveste invece una maggiore importanza la predazione; in particolare, l'usuale presenza di pesci in questi corsi d'acqua rende ulteriormente complesse le interazioni, modulando la struttura e densità dei popolamenti a invertebrati. È noto che la predazione è più intensa in certe circostanze, ad esempio è maggiore nelle pozze (*pools*) che non nei tratti a corrente veloce (*riffles* e *runs*), probabilmente in relazione alle minori possibilità di nascondiglio offerte agli invertebrati da questi ambienti. Ed è maggiore quando la corrente è più debole e la temperatura più elevata, come nella tarda estate. Un drift elevato - e pertanto elevati tassi di immigrazione ed emigrazione - ed una corrente veloce tendono invece a minimizzare l'effetto della predazione. Anche l'arrivo di materiale dall'esterno riduce la predazione dei salmonidi sui macroinvertebrati acquatici; si è visto infatti che nel sottobosco gli insetti terricoli che cadono numerosi nell'acqua costituiscono buona parte dell'alimentazione delle trote, che sono attratte proprio dal movimento dei piccoli organismi che cadono nel torrente (fenomeno del resto ben noto ai pescatori).



Un tratto di torrente di fondovalle (Prealpi Carniche)