

# Capitolo 7

## **RASSEGNA DI ALCUNI STUDI PUBBLICATI DURANTE IL DOTTORATO DI RICERCA**



Oltre al filone principale di ricerca, mirato ad analizzare alcuni aspetti dell'ecologia dei torrenti alpini (capitoli tre, quattro e cinque della tesi) nel corso del Dottorato ho partecipato ad una serie di studi inerenti altri aspetti dell'ecologia dei sistemi fluviali. In questo capitolo verranno riportati brevemente questi ulteriori studi effettuati e pubblicati durante il presente Dottorato di Ricerca.

### *6.1 Abitudini alimentari di *Padogobius bonelli* (Osteichthyes: Gobiidae) nel torrente Curone (Nord-ovest Italia): la territorialità ne influenza la dieta?*

*Feeding habits of *Padogobius bonelli* (Osteichthyes, Gobiidae) in the Curone creek (Northwest Italy): territoriality influences diet?*

JOURNAL OF FRESHWATER ECOLOGY

La famiglia dei Gobiidae (Perciformes: Actinopterygii) è rappresentata nelle acque interne italiane da cinque specie, che mostrano diversa distribuzione geografica ed abitudini ecologiche. *Padogobius bonelli* Bonaparte, 1846 (prima denominato *P. martensi*) è un pesce endemico della zona nord adriatica, distribuito in Italia settentrionale (bacino del Po e dell'Adige) e nella Dalmazia (Gandolfi & Tongiorgi, 1974). Il Ghiozzo padano abita acque ben ossigenate di torrenti e fiumi con substrato grossolano. Questo piccolo Gobiidae raggiunge una dimensione media di circa 6-7 cm (eccezionalmente 9-10 cm) ed ha abitudini spiccatamente bentoniche (Zerunian, 2002). Lo scopo della nostra ricerca è stato quello di analizzare la dieta di *P. bonelli* in un sistema lotico appenninico, indagando l'esistenza di modelli di alimentazione, preferenze e variazioni trofiche in rapporto alle dimensioni.

Nel maggio 2007 sono stati raccolti quaranta esemplari di *P. bonelli* durante il periodo riproduttivo della specie, nel torrente Curone (NW Italia), nei pressi di San Sebastiano Curone (AL) (41° 47' 14" E, 9° 04' 02" N; 320 m s.l.m.). La qualità ambientale del torrente oggetto dello studio è piuttosto elevata (Fenoglio *et al.*, 2008; Bo *et al.*, 2009). Gli individui catturati sono stati misurati con una precisione di 1,0 millimetro. Il canale alimentare degli individui è stato rimosso e conservato in etanolo al 90 %, e successivamente analizzato con uno stereomicroscopio NIKON SMZ (60-100 x). La composizione della dieta è stata espressa come numero e tipo di prede riscontrate e gli organismi rinvenuti sono stati classificati a livello di genere o famiglia. Inoltre, sono stati

raccolti campioni della composizione della comunità macrobentonica nella stessa area utilizzando un retino Surber (20 x 20 cm; maglia 255 micron) per valutare l'abbondanza e la densità degli invertebrati bentonici. I campioni sono stati conservati in etanolo al 90%; in laboratorio tutti gli organismi sono stati contati ed identificati a livello di genere o specie.

Per studiare l'esistenza di preferenze alimentari, i dati dei contenuti intestinali sono stati confrontati con la composizione e l'abbondanza della comunità di macroinvertebrati del letto del fiume, utilizzando l'indice di selezione trofica di Ivlev (1961):

$$E = (r_i - p_i) / (r_i + p_i)$$

dove  $r_i$  = abbondanza relativa di un particolare taxon nella dieta e  $p_i$  = abbondanza relativa dello stesso taxon nella comunità bentonica. L'indice varia da -1 a 1. Un valore di -1 significa esclusione totale, 1 indica la preferenza, e 0 indica l'indifferenza.

Per l'analisi statistica, è stato utilizzato il software STATISTICA (Statsoft, 2005) e SPSS 14.0. Possibili correlazioni tra le dimensioni dei Ghiozzi e la presenza e diversità delle prede ingerite sono state valutate utilizzando un test di correlazione Gamma. L'Indice di Jaccard è stato utilizzato per valutare eventuali similarità tra le diete dei diversi individui. Questo indice tiene in considerazione solo la presenza della preda diversa e varia da 0 a 1, essendo 0 la totale dissomiglianza tra individui e 1 la somiglianza totale.

Tutti gli individui analizzati avevano prede nelle loro viscere; da questi risultati si evince che *P. bonelli* si nutre quasi esclusivamente di insetti acquatici.

Le prede maggiormente consumate risultano essere le larve del Dittero Chironomidae, che costituivano il 60,6 % del totale. Altre importanti prede sono risultate le larve del Dittero Simuliidae, le ninfe dell'Efemerottero *Baetis* spp. e le forme immature dei Tricotteri Hydropsychidae e Hydroptilidae. Tra i macroinvertebrati non appartenenti alla classe degli insetti, solo Ostracoda e Hydracarina erano presenti in un numero relativamente alto di individui. Inoltre nella dieta di questi organismi sono stati riscontrati discreti quantitativi di materia vegetale grossolana (7,5 % degli individui), alghe (15 % degli individui) e sabbia (25 % degli individui). Infine, un terzo degli individui (35 %) ha presentato una quantità variabile di materia animale che non poteva essere identificata. Confrontando la composizione della comunità di macroinvertebrati con le cinque più importanti tipologie di prede rinvenute mediante l'indice del Ivlev si nota una chiara

preferenza per i Tricotteri Hydroptilidae, e larve dei Ditteri Chironomidae e Simuliidae. Solo i Baetidae sono stati selezionati negativamente.

Alcune prede tendono ad essere più comuni nella dieta degli individui più grandi. Questo è stato il caso del Plecottero *Isoperla* sp. (Gamma di correlazione = 0,927,  $p < 0,05$ ), degli Efemerotteri Heptageniidae (Gamma di correlazione = 0,837,  $p < 0,05$ ) e dei Ditteri Tabanidae (Gamma di correlazione = 1,000,  $p < 0,05$ ). Inoltre, la materia vegetale è stata positivamente correlata con la dimensione (Gamma di correlazione = 0,630,  $p < 0,05$ ), mentre Tricotteri e larve di Dittero Chironomidae sono stati negativamente correlati con le dimensioni dei pesci (Gamma di correlazione = -0,358 e -0,281,  $p < 0,05$ , rispettivamente). Non è stata rilevata nessuna correlazione tra dimensioni dei pesci e diversità delle prede consumate (Gamma di correlazione = 0,213,  $p > 0,05$ ).

Infine, applicando l'indice di Jaccard, è stato osservato che vi era un basso grado di somiglianza nella composizione della dieta tra individui. Solo il 5,6 % dei risultati sono stati superiori a 0,5, mentre nessun risultato era superiore a 0,8.

L'analisi del contenuto intestinale di *P. bonelli* ha dimostrato che questa specie si alimenta principalmente di insetti acquatici, mentre Molluschi, Crostacei e uova di pesce erano presenti sporadicamente solo in alcuni individui, al contrario di quanto riscontrato in altre specie di acqua dolce della famiglia dei Gobiidae (Charlebois *et al.*, 1997).

*P. bonelli* sceglie per la propria dieta prevalentemente organismi piccoli e poco mobili, come i macroinvertebrati Hydroptilidae, Chironomidae e Simuliidae. I *Baetis*, nonostante la loro piccola dimensione, sono stati negativamente selezionati, probabilmente a causa dell'elevata mobilità e velocità di questi invertebrati che impedisce ai Ghiozzi di catturarli.

La relazione positiva riscontrata tra la dimensione dell'individuo ed il consumo di alcune prede, come *Isoperla* sp., Heptageniidae, e Tabanidae, può essere spiegata dalla limitazione che possono avere i pesci più piccoli nell'ingerire grandi prede.

L'esistenza di una cospicua diversità tra la dieta dei diversi individui esaminati, rilevata dall'indice del Jaccard, può essere legata alle caratteristiche comportamentali di questa specie. Infatti *P. bonelli* è marcatamente territoriale (Bisazza *et al.*, 1989), con un comportamento antagonista ed aggressivo. È probabile che, nel difendere una zona delimitata di letto del fiume, ogni individuo catturi le prede presenti all'interno di tale area.

## 6.2 Analisi della dieta di *Padogobius bonelli* nel torrente Orba, in due stazioni dal regime idrologico differente.

*Feeding habits of Padogobius bonelli* (Bonaparte, 1846) (Osteichthyes, Gobiidae): the importance of fish dimensions and hydrological conditions.

ITALIAN JOURNAL OF ZOOLOGY

Il Ghiozzo Padano (*Padogobius bonelli*) è una specie ittica endemica del Nord Italia, che abita esclusivamente le acque dolci, in un'ampia varietà di habitat, dai piccoli ruscelli, ai grandi sistemi fluviali con substrati grossolani (Kottelat & Freyhof, 2007).

Scopo della presente ricerca è quello di caratterizzare la dieta degli esemplari raccolti, attraverso l'analisi dei contenuti stomacali, inoltre si è cercato di approfondire l'eventuale presenza di una selezione trofica positiva verso determinate prede, indagando anche le varianti in relazione alle dimensioni; si è anche ipotizzato che le condizioni idrologiche possano avere una qualche influenza sulla dieta di questo pesce.

Il presente studio si è articolato in due stazioni del torrente Orba nel comune di Molare (AL):

- Sito 1: Marciazza (44° 35' 13.36" N, 8° 36' 41.79" E, 264 m s.l.m.);
- Sito 2: Cerreto (44° 35' 56.60" N, 8° 36' 10.81" E, 216 m s.l.m.).

Questi due siti, anche se distanti tra loro pochi chilometri (3020 m), sono caratterizzati da un regime idrologico sensibilmente differente. La stazione posta più a monte (Marciazza) non è influenzata da alcun impianto idroelettrico e mostra variazioni di livello naturali. La stazione posta più a valle (Cerreto) è influenzata dai continui rilasci di una centrale idroelettrica, posta poco più a monte. In questa località si verificano frequenti fluttuazioni del livello idrico durante la giornata (a volte anche molto intense). È noto che continui squilibri nel flusso della corrente e della portata possono avere gravi effetti sul biota lotico (Allan & Castillo, 2007), poiché causano riduzione degli habitat (Dewson *et al.*, 2007), alterazioni degli ecosistemi funzionali (Young *et al.*, 2008) e quindi diminuzione della ricchezza biologica e della diversità (Fenoglio *et al.*, 2007).

I ghiozzi padani sono stati catturati utilizzando un elettrostorditore Scubla IG200/2. In totale, sono stati raccolti 120 esemplari di *P. bonelli*. Ogni ghiozzo padano catturato è stato misurato (lunghezza totale) con una precisione di 1,0 mm. Gli apparati digerenti degli individui sono stati rimossi, conservati in etanolo 90 % e portati in laboratorio. I contenuti

intestinali sono stati analizzati con uno stereomicroscopio Nikon SMZ 1500 (60-100×) accoppiato ad una videocamera JVC TK - C701EG. L'identificazione delle prede si è basata sulle parti del corpo sclerificate, in particolare capsule cefaliche, apparati boccali e frammenti di zampe e tarsi. Gli organismi rinvenuti nei contenuti stomacali sono stati classificati a livello di genere o famiglia.

Per applicare gli indici di selezione trofica è stata analizzata in modo quantitativo la comunità invertebrata del fondo del fiume; per fare ciò sono stati realizzati campioni quantitativi con un retino Surber (20 × 20 centimetri; maglia 255 micron), per un totale di 145 campioni, effettuati nello stesso periodo della raccolta dei ghiozzi in entrambi i siti di studio. In laboratorio, tutti gli invertebrati catturati sono stati contati e identificati a livello di genere o specie.

Per studiare l'esistenza di preferenze alimentari, abbiamo poi confrontato la composizione dei contenuti intestinali con composizione naturale e l'abbondanza dei macroinvertebrati nel letto del fiume con l'indice di selezione trofica di Ivlev (1961).

Per l'analisi statistica, è stato utilizzato il software STATISTICA (StatSoft, 2005). È stato utilizzato il Test di correlazione Gamma per valutare se vi era una correlazione tra le dimensioni dei pesci ed il numero di prede ingerite, tra dimensione dei pesci ed il numero di taxa ingeriti e tra le dimensioni dei pesci ed il numero di individui di ogni gruppo tassonomico delle prede. Per valutare se esistevano differenze significative tra i due siti studiati nelle dimensioni dei pesci, nel numero di prede ingerite, e nel numero di taxa predate, è stato utilizzato un Mann-Whitney test.

I macroinvertebrati che sono risultati maggiormente predati sono stati i ditteri Chironomidi: essi costituivano 46,0 % delle prede totali ingerite nella popolazione dal sito 1 e il 30,4 % nella popolazione del sito 2, ed erano presenti in quasi tutti i contenuti stomacali. Altre importanti prede sono risultate, in ordine di abbondanza: Tricotteri Hydroptilidae, Tricotteri Hydropsychidae, Efemerotteri Baetidae (in particolare *Baetis* sp.) nel sito 1 e Tricotteri Hydroptilidae nel sito 2. Componenti inusuali della dieta sono risultati i Crostacei *Daphnia* spp., soprattutto nel sito 2, alcuni insetti terrestri e alcune scaglie di pesce.

Confrontando la composizione della comunità macrobentonica dell'alveo con le prede ingerite mediante l'indice di Ivlev, si osserva nella popolazione del sito 1 una chiara preferenza per i Tricotteri Rhyacophilidae, Hydroptilidae e Psychomyidae e Ditteri

Chironomidae, mentre altri taxa, come Hydracarina, *Baetis* sp., *Habroleptoides* sp. ed alcuni Coleotteri e Ditteri, anche se abbondanti nel letto del fiume sono stati consumati in piccole quantità. Nella popolazione del sito 2 sono stati preferiti Tricotteri Hydroptilidae, Ditteri Tipulidae ed Empididae, mentre Hydracarina e Plecotteri Leuctridae (in particolare *Leuctra* sp.) sono stati meno consumati, anche se molto comuni nel substrato.

Per quanto riguarda l'influenza delle dimensioni degli individui nella dieta è stato notato che alcune prede tendono ad essere più comuni nel canale alimentare degli esemplari più grandi. Ad esempio nel sito 1 è il caso dell'Efemerottero *Baetis* sp. e dei Tricotteri Hydroptilidae (Gamma di correlazione= 0,47 e 0,44, rispettivamente,  $p < 0,05$ ). Nel sito 2 è risultata una correlazione positiva tra le dimensioni e il numero di Efemerotteri *Baetis* sp., Tricotteri Philopotamidae, Hydropsichidae e Hydroptilidae e Ditteri Limoniidae e Tanypodinae (Gamma di correlazione= 0,34; 0,39; 0,33; 0,49; 0,33; 0,31 rispettivamente,  $p < 0,05$ ). Nel sito 1 è stata riscontrata una correlazione positiva tra la dimensione degli individui e il numero di taxa predati (Gamma di correlazione= 0,37,  $p < 0,05$ ), ma non con il numero di prede (Gamma di correlazione= 0,15,  $p = n.s.$ ). Nel sito 2 è stata riscontrata una correlazione negativa tra le dimensioni ed il numero di prede ingerite (Gamma di correlazione= -0,19,  $p < 0,05$ ), ma non con il numero di taxa (Gamma di correlazione= 0,19,  $p > 0,05$ ).

Confrontando le due popolazioni sono state riscontrate differenze significative nella dimensione corporea tra i siti (Mann-Whitney  $U = 1357,5$ ,  $p < 0,05$ ). La lunghezza media del corpo totale è risultata pari a 49,15 millimetri  $\pm 0,65$  SD nel sito 1 e 46,15 millimetri  $\pm 0,59$  SD nel sito 2. In pratica, i ghiozzi del sito 2 sono risultati mediamente più piccoli di quelli del sito 1, dove la portata è naturale e l'ambiente non perturbato. Confrontando gli spettri alimentari non sono state riscontrate differenze nel numero di prede ingerite dagli individui di ogni popolazione (Mann-Whitney  $U = 1438,0$ ,  $p > 0,05$ ). Tuttavia, ci sono state differenze del numero di taxa ingeriti dagli individui delle due popolazioni (Mann-Whitney  $U = 1371,5$ ,  $p < 0,05$ ): i ghiozzi del sito 1 hanno quindi una dieta più "varia" rispetto i Ghiozzi del sito 2.

Analizzando le preferenze alimentari, possiamo supporre che *P. bonelli* si nutra principalmente di insetti selezionati sulla base di alcune caratteristiche: medie o grandi dimensioni, organismi poco mobili, strettamente associati con il letto del fiume, generalmente morbidi, corposi e senza esoscheletro sclerificato, spine o altre difese



morfologiche, come Tricotteri Rhyacophilidae, Hydroptilidae e Polycentropodidae e Ditteri Chironomidae, Limoniidae e Tipulidae. Altri invertebrati, anche se abbondanti e diffusi, non erano positivamente selezionati dai Ghiozzi: questo è il caso dei molto mobili Efemerotteri Baetidae e Leptophlebiidae.

In questo studio, un generale aumento di spettro trofico è stato rilevato nei pesci più grandi: infatti questi ingeriscono mediamente un maggior numero di taxa.

Confrontando le due popolazioni di *P. bonelli* abbiamo rilevato alcune differenze interessanti: i pesci dal sito 1 erano generalmente più grandi e avevano uno spettro trofico più ampio di quelli del sito 2. Nessuna differenza significativa è stata riscontrata nelle caratteristiche chimiche e nella comunità macrobentonica tra i due siti, così abbiamo potuto ipotizzare che le differenze idrologiche potrebbe essere la causa principale delle differenze osservate.

Infatti, i livelli di acqua fluttuanti possono inibire i movimenti, l'esplorazione degli habitat e gli incontri con le prede. Nel sito a valle le brusche variazioni della velocità della corrente e della portata, possono avere un forte impatto sulla composizione della dieta e successivamente sullo sviluppo e le dimensioni dei Ghiozzi. Migliorando la conoscenza ecologica di questa specie vulnerabile si potrebbero attuare piani adeguati per la sua protezione e conservazione.

### *6.3 Preferenze trofiche di tre specie ittiche alloctone nel fiume Bormida (Piemonte, Italia NW)*

*Trophic preferences of three allochthonous fishes in Bormida River (Piemonte, NW Italy)*

HIDROBIOLÓGICA

Le attività umane hanno avuto una profonda, e in genere negativa, influenza sul biota delle acque dolci. Molti di questi effetti negativi sono dovuti all'alterazione della qualità chimica delle acque mentre altri sono associati alla modificazione degli habitat (Bo *et al.*, 2007), alle alterazioni delle fonti energetiche e all'introduzione di specie aliene (Closs *et al.*, 2004). Infatti, dopo la degradazione degli habitat, l'introduzione di specie invasive è la seconda principale causa di perdita di biodiversità, in particolare negli ecosistemi di acqua

dolce (Moyle *et al.*, 1986; Mack *et al.*, 2000; Clavero & García-Berthou, 2005; Fenoglio *et al.*, 2010).

Lo scopo del nostro studio è stato quello di analizzare la dieta di tre specie ittiche esotiche attualmente diffuse nella rete idrografica dell'Italia settentrionale e di fornire i primi dati circa la loro alimentazione.

Abbiamo indagato le preferenze alimentari di tre ciprinidi:

1) Barbo europeo (*Barbus barbus* - Linnaeus, 1758), una specie che nel suo areale di origine è minacciata a livello locale da inquinamento e regimazione dei fiumi, ma che ormai molto abbondante nei sistemi di acqua dolce del Nord Italia;

2) Pseudorasbora (*Pseudorasbora parva* - Temminck & Schlegel, 1825), specie nativa della Siberia, Corea e Cina, introdotta in Romania nel 1961 (Kottelat & Freyhof, 2007) e diffusa nel Centro e nel Sud Europa;

3) il Rodeo amaro (*Rhodeus amarus* - Bloch, 1782), un piccolo ciprinide che necessita di bivalvi Unionidae per la riproduzione (*Unio* e *Anodonta*), invasiva in Francia, Gran Bretagna e Italia.

Lo studio è stato realizzato in un tratto del fiume Bormida in provincia di Alessandria (NW - Italia, 44° 52' 20" N, 8° 36' 12" E, altitudine 95 m s.l.m.). Questo fiume è tristemente noto per i molti decenni di grave inquinamento dovuto a rifiuti chimici industriali (Hellmann, 2005).

In un'unica data di campionamento sono stati raccolti 182 esemplari di pesci alloctoni (68 *B. barbus*, 57 *P. parva* e 57 *R. amarus*). I pesci sono stati catturati utilizzando un elettrostorditore Scubla IG200/2, e conservati in etanolo al 90 %. In laboratorio, ogni pesce è stata misurato con una precisione pari a 0,1 mm (lunghezza totale). Sono stati rimossi gli apparati digerenti e i contenuti sono stati analizzati con uno stereomicroscopio Nikon SMZ 1500 (60-100 x) accoppiato ad una videocamera HD Sony e Samsung Video LCD. L'identificazione delle prede al microscopio si è basata sul riconoscimento delle singole prede. In particolare, per quanto riguarda gli invertebrati, ci siamo basati sulle parti sclerificate dell'esoscheletro: sono state identificate capsule cefaliche, parti dell'apparato boccale e frammenti di arti. Gli organismi rinvenuti nei contenuti stomacali sono stati classificati al più basso livello tassonomico possibile.

La densità degli individui rinvenuti nei contenuti stomacali è stata confrontata con la composizione della comunità macrobentonica del fiume. Infatti, utilizzando un retino

Surber (20 x 20 cm; maglia 250 micron), sono stati effettuati 156 campioni di fauna del substrato (con più di 20.000 invertebrati raccolti e determinati) per valutare la disponibilità di prede. I campioni sono stati conservati in etanolo al 90 %. In laboratorio, tutti gli organismi sono stati contati ed identificati a livello di genere o specie. Per valutare l'esistenza di preferenze alimentari abbiamo confrontato i contenuti intestinali con la composizione e l'abbondanza naturale della comunità di macroinvertebrati nel letto del fiume e si è applicato l'indice di selezione trofica di Ivlev (1961).

Per quanto riguarda la composizione della dieta, i macroinvertebrati acquatici costituiscono un alimento importante per *B. barbuis* e *P. parva* (infatti, gli invertebrati erano presenti rispettivamente nel 89,7% e 66,7% degli individui analizzati), mentre *R. amarus* sembra preferire, alghe e detriti (gli unici invertebrati presenti nei contenuti erano larve di Ditteri Chironomidae ed alcuni Efemerotteri).

*B. barbuis* ha mostrato un ampio spettro trofico, alimentandosi non solo di insetti acquatici ma anche di artropodi terrestri (ad esempio coleotteri, emitteri, imenotteri ed aracnidi) e, più raramente, di pesci, come ad esempio il Persico Sole (*Lepomis gibbosus*) e l'Alborella (*Alburnus alburnus*), rinvenuti nell'8,82 % dei contenuti. Il detrito grossolano (CPOM) e le alghe filamentose, inoltre, erano presenti in molti dei contenuti stomacali analizzati.

La composizione della dieta di *P. parva* era per lo più basata su invertebrati acquatici (Chironomidae e Ostracoda), che costituivano rispettivamente il 55,4 % e il 12,1 % di tutte le prede ingerite. Inoltre, sia le alghe che detrito fine (FPOM) sono stati frequentemente ingeriti.

Nella composizione della dieta di *R. amarus* il detrito fine e materiale algale sono stati gli elementi principalmente ingeriti: queste risorse trofiche sono state trovate rispettivamente nel 91,2 % e il 66,6 % del totale. Inoltre, il particolato organico grossolano (CPOM) costituisce per questo piccolo pesce una importante risorsa trofica.

Applicando l'indice di selezione trofica è stato riscontrato che *B. barbuis* seleziona positivamente alcuni invertebrati bentonici, come il Mollusco Gasteropode *Physa* sp. (Indice Ivlev = 0,97), il Tricottero *Hydropsyche* sp. (Indice Ivlev = 0,85) e l'Efemerottero *Ephemera* sp. (Indice Ivlev = 0,42), i Ditteri Chironomidae sono stati selezionati positivamente sia da *B. barbuis* (Indice Ivlev = 0,19) che da *P. parva* (indice Ivlev = 0,11). *R. amarus* non ha mostrato alcuna preferenza per i macroinvertebrati bentonici.

Questo studio è il primo tentativo di descrivere la dieta di alcuni pesci d'acqua dolce invasivi in un fiume italiano precedentemente molto inquinato. Le tre specie analizzate sono molto diverse per dimensioni, preferenze ambientali e trofiche. Nel fiume Bormida, *B. barbus* è risultato marcatamente carnivoro, anche se con qualche tendenza a nutrirsi di materiale vegetale (CPOM e semi): Ditteri, Tricotteri e Gasteropodi costituiscono la stragrande maggioranza delle sue prede, a testimonianza del fatto che questa specie di solito si nutre sul fondo del fiume. *P. parva* si nutre principalmente di piccoli invertebrati (Chironomidae ma anche Ostracoda) e in misura minore di detrito organico. *R. amarus* si nutre principalmente di detrito e alghe fluviali.

Lo spettro trofico di queste tre specie alloctone può potenzialmente sovrapporsi a quello di alcuni taxa indigeni che sono presenti nell'area di studio: per esempio, la dieta del Barbo europeo può in parte coprire la nicchia trofica del barbo comune *B. plebejus* (Bonaparte, 1839), una specie endemica della zona adriatica, mentre le nicchie trofiche di *P. parva* e *R. amarus* possono sovrapporsi a quelle di alcuni piccoli ciprinidi autoctoni, come l'Alborella *A. alburnus*.

#### 6.4 *Biologia ninfale di Ephoron virgo (Olivier, 1791) (Ephemeroptera, Polymitarcyidae) in un fiume appenninico (NW Italy)*

*Nymphal biology of Ephoron virgo (Olivier, 1791) (Ephemeroptera, Polymitarcyidae) in an Apenninic river (NW Italy).*

ENTOMOLOGICAL SCIENCE

Gli Efemerotteri sono uno fra i più antichi ed importanti ordini di insetti acquatici presenti negli ambienti di acqua dolce. Distribuiti in tutto il mondo, hanno colonizzato qualsiasi tipo di sistema fluviale, dalle acque fredde, veloci e vorticose delle vallate alpine ai corsi lenti e limosi della bassa pianura. Alcuni di questi organismi negli ultimi anni hanno subito una rarefazione degli habitat. Recentemente numerosi studi hanno evidenziato come alcune specie di questo gruppo siano influenzate dalla temperatura nel loro ciclo di sviluppo; per questo motivo i cambiamenti climatici possono alterare e modificare la crescita e addirittura la sopravvivenza di queste specie.

In questo studio sono state analizzate le abitudini alimentari e la densità della popolazione delle ninfe di *Ephoron virgo* (Olivier, 1791) in un tratto del fiume Bormida.

Le ninfe hanno corpo allungato, sub cilindrico, cerci corti e zampe molto robuste. Caratteristiche di questa specie sono i lunghi processi mandibolari che vengono utilizzati per scavare gallerie nei substrati in cui vivono. Per descrivere la biologia ninfale di *E. virgo* sono stati effettuati campionamenti Surber (0,5 m<sup>2</sup> di superficie, 250 micron la dimensione delle maglie della rete) mensilmente per un anno (2011) in una stazione di campionamento del fiume Bormida (Alessandria, NW Italia, 44° 53' 04.51" N, 8° 38' 05.76" E, 87 m s.l.m.). I campioni sono stati conservati in etanolo al 70 %. Dopo il ritrovamento delle prime ninfe di *E. virgo*, (maggio 2011), i campionamenti sono stati effettuati con cadenza settimanale, fino a quando tutte le ninfe non sono emerse (agosto 2011). Durante questo periodo, la temperatura media dell'acqua è stata di  $22,5 \pm 1,83$  °C, la concentrazione media di ossigeno è stata di  $10,3 \pm 3,30$  mg / L ( $88,4 \pm 20,2$  % di saturazione), il valore di pH medio è stato  $7,03 \pm 0,52$  e la conducibilità elettrica media si attestava su valori di circa  $339,8 \pm 54,6$  µS/cm.

Gli individui sono stati misurati, usando come parametri la lunghezza totale e la larghezza del pronoto. Queste misure sono state effettuate con uno stereomicroscopio Nikon SMZ 1500 (0,1 mm di precisione).

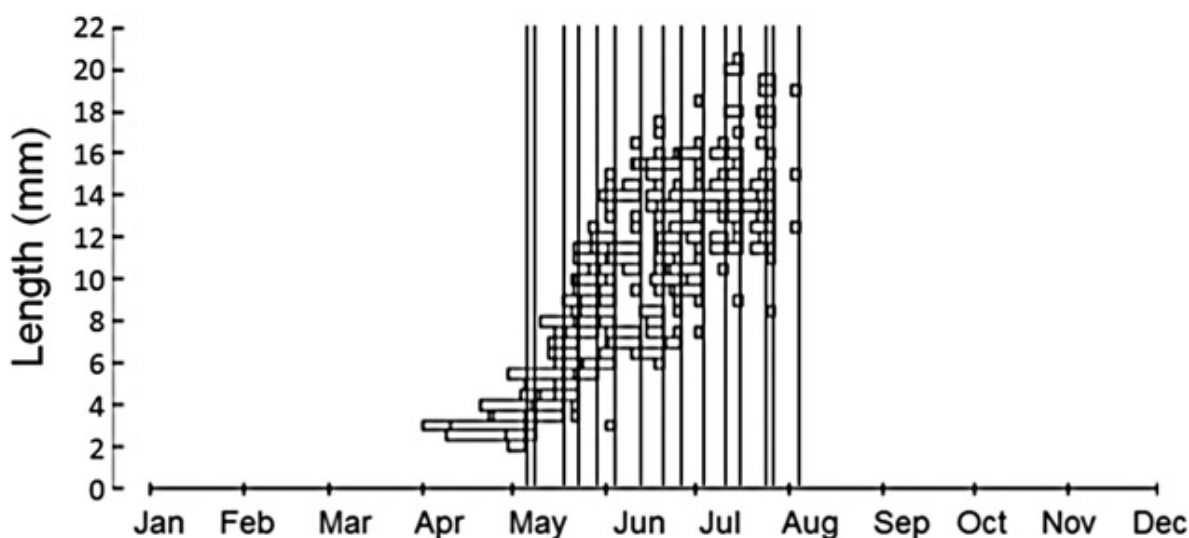
La rappresentazione del ciclo vitale è stata realizzata tramite grafici che hanno messo in relazione le dimensioni e la frequenza degli individui, utilizzando il software FISAT II ver 1.2.0 (Gayaniolo *et al.*, 2002).

La dieta ninfale di *E. virgo* è stata determinata osservando il contenuto intestinale di 35 individui di diverse dimensioni (lunghezza totale media: 9,66 millimetri  $\pm$  4,22 SD). Ogni individuo è stato immerso in liquido di Hertwig successivamente riscaldato in stufa a 65 °C per 24 h, secondo la metodologia di Bello e Cabrera (1999), analogamente ad altri studi inerenti l'alimentazione delle ninfe di Ephemeroptera (López Rodríguez *et al.*, 2009). Successivamente, è stata stimata la percentuale di canale alimentare occupata da elementi della dieta (a 40x). Il contenuto intestinale relativo (a 400x) è stato calcolato misurando l'area del canale occupata da ciascun elemento della dieta.

I dati sono stati analizzati usando il software STATISTICA (versione 7.1; StatSoft Inc 2005). La normalità di ogni variabile è stata valutata con il Kolmogorov-Smirnov test. Tutte le variabili sono risultate non normalmente distribuite (Kolmogorov - Smirnov con  $p < 0,05$  per tutte le variabili); pertanto, sono stati usati metodi statistici non parametrici. La correlazione gamma è stata utilizzata per testare la relazione tra lunghezza totale e

larghezza del pronoto e percentuali dei componenti della dieta. Per quanto riguarda l'abbondanza delle ninfe nel substrato, la massima densità è stata riscontrata a fine maggio e all'inizio di giugno. Successivamente, è stata osservata una graduale diminuzione del numero degli individui, soprattutto a causa della mortalità naturale e, alla fine del periodo di studio, a causa dell'emersione degli adulti. Questa variazione della densità ninfale è comparabile con quanto riportato per una popolazione di *E. virgo* in Spagna settentrionale (Cid *et al.*, 2008).

La larghezza del pronoto e la lunghezza totale del corpo sono risultati altamente correlati (Gamma di correlazione = 0,89,  $p < 0,05$ ), così che solo la lunghezza totale del corpo è stata utilizzata per l'analisi.



**Figura 6.1: Ciclo vitale di *E. virgo* nel sito di studio.**

Lo sviluppo ninfale di *E. virgo* ha avuto una durata di 3 mesi, corrispondente ad un ciclo di vita stagionale univoltino (Hynes, 1970). Il tasso di crescita è stato molto veloce e approssimativamente costante.

In tutte le date di raccolta è stata osservata una vasta gamma di dimensioni, probabilmente a causa del dimorfismo tra maschi e femmine. Dopo l'accoppiamento le uova vengono deposte nel fiume e subiscono 9 mesi di diapausa (Figura 6.1).

L'analisi del contenuto intestinale indica che la componente detritica è fondamentale per le ninfe di *E. virgo* (Tabella 6.1).

	N	Dire	SD	Minimo	Massimo
% Assoluto	35	50,43	21,87	10,00	90,00
% Detriti	35	89,13	15,32	47,90	99,90
% CPOM	35	1,12	1,25	0,00	4,00
% Funghi	35	0,15	0,36	0,00	2,00
% Corpi minerali	35	9,92	14,78	0,10	50,00

**Tabella 6.1: Dieta ninfale e contenuti stomacali di *Ephoron virgo*.**

Funghi ingoldiani e particellato grossolano di sostanza organica (CPOM) erano presenti nella dieta in bassi quantitativi. Le dimensioni del corpo e la percentuale di detrito sono risultati positivamente correlati (Gamma correlazione = 0,43,  $p < 0,05$ ) mentre la dimensione del corpo e la percentuale di materia minerale negativamente correlati (Gamma correlazione = -0,49,  $p < 0,05$ ).

I nostri risultati mostrano che questa specie è principalmente detritivora. È probabile che *E. virgo* sia un filtratore. Tuttavia, il nostro studio indica che questa specie potrebbe essere anche un raccoglitore (considerando l'elevata presenza di sostanze minerali, CPOM e funghi nella dieta).

### 6.5 *L'importanza della qualità delle acque e della colonizzazione dei macroinvertebrati nel processo di degradazione di materiale fogliare autoctono ed esotico in un fiume sub-alpino.*

*The influence of environmental quality in the degradation process of native and exotic leaf types in a pre-Alpine stream.*

JOURNAL OF FRESHWATER ECOLOGY

L'importanza degli apporti alloctoni di materiale organico nei sistemi lotici sono stati da tempo analizzati. Petersen & Cummins (1974) hanno evidenziato come l'input alloctono sia un tema centrale in ecologia fluviale, ed altri autori in seguito hanno formulato importanti teorie sulla distribuzione delle risorse trofiche nei sistemi lotici (Vannote *et al.*, 1980). Le foglie terrestri dalla vegetazione riparia rappresentano una importante fonte di

energia negli ambienti lotici di medio e basso ordine (Gessner *et al.*, 1999; Sabater *et al.*, 2008), dove la velocità della corrente e l'ombreggiatura dell'alveo limitano la fotosintesi (Wallace *et al.*, 1997). Qualsiasi variazione dell'ambiente che si traduce in un cambiamento nella qualità o quantità di fattori organici alloctoni potrebbe alterare i bilanci dei flussi di energia ed il funzionamento degli ecosistemi (Bo & Fenoglio, 2011).

Numerosi studi hanno indagato la relazione tra processi di decomposizione delle foglie e qualità dell'acqua (Young *et al.*, 2008). Inoltre, alcuni recenti studi hanno indagato l'impatto della diffusa introduzione di specie vegetali esotiche sulle dinamiche di input alloctoni nei fiumi (Ferreira *et al.*, 2006).

In questo studio, si ipotizza che la perdita di massa e la colonizzazione dei macroinvertebrati di pacchi di foglie possa essere influenzata sia dalla qualità dell'acqua che del tipo di materiale fogliare.

Lo studio ha avuto luogo in due siti del torrente Pellice: il sito A (Villar Pellice - TO - 44° 80' 45.9" N, 7° 15' 74.0" E) e il sito B (Luserna - TO - 44° 80' 86.5 " N 7° 27' 35.7" E). I due siti erano relativamente vicini (circa 9 km), ma presentavano differenze significative nella morfologia, portata e velocità della corrente. Inoltre i siti differivano per la qualità delle acque: il sito a valle (B) riceveva lo scarico fognario della città di Luserna (circa 5000 abitanti). Sono stati posati in alveo 300 pacchi di foglie in ogni sito, consistenti in cinque tipi di foglia, due esotiche (Poligono del Giappone *Reynoutria japonica* e *Robinia pseudoacacia*) e tre autoctoni (Ontano bianco *Alnus incana*, Pioppo bianco *Populus alba* e Farnia *Quercus robur*). Queste specie sono state scelte perché comuni nella zona ripariale del torrente Pellice. Le foglie sono state raccolte in situ, poi essiccate. Dopo 10, 20, 30, 40, 50 e 60 giorni, 10 pacchi per ogni specie fogliare sono stati rimossi da ogni sito. I macroinvertebrati sono stati rimossi e riconosciuti con uno stereomicroscopio (Nikon ® SMZ - 1500) e conservati in etanolo al 70%. Gli organismi sono stati contati e identificati a livello di genere. Le foglie sono state lavate per rimuovere limo, poi asciugate in forno a 105 °C fino al raggiungimento di una massa costante per determinare la massa residua.

Abbiamo rilevato una differenza evidente nella qualità dell'acqua tra i due siti, poiché il sito B risente pesantemente dell'inquinamento provocato dall'impianto di depurazione, che è causa di un aumento della concentrazione di materia organica, nutrienti, conducibilità ed una conseguente diminuzione dei livelli di ossigeno disciolto. La qualità biologica, descritta dall'Indice Biotico Esteso (IBE – Ghetti, 1997) scende dalla prima (sito A) alla



quarta classe (nel sito B). I pacchi di foglie hanno mostrato una perdita di massa esponenziale nel tempo. Abbiamo rilevato differenze significative nella perdita di massa tra le specie di foglie e anche tra i due siti. Confrontando i risultati, abbiamo rilevato che le due specie autoctone hanno mostrato le più diverse tendenze di perdita di massa: *P. alba* ha mostrato la più alta perdita di massa, mentre *Q. robur* i valori più bassi. Inoltre, la degradazione delle foglie è risultata più veloce nel sito di controllo (A) rispetto al sito inquinato (B).

Per quanto riguarda i macroinvertebrati che hanno colonizzato i pacchi di foglie, abbiamo rilevato un'abbondanza e una ricchezza tassonomica maggiore nel sito A incontaminato piuttosto che nel sito inquinato B. Dopo 40 giorni la comunità macrobentonica colonizzatrice è risultata chiaramente differente tra i due siti. Nei pacchi di foglie del sito incontaminato A, i Plecotteri rappresentavano il 73,4 % del totale di invertebrati raccolti, con *Leuctra* sp. e *Nemoura* sp., come taxa più abbondanti. Ditteri, Efemerotteri e Tricotteri erano meno abbondanti, e rappresentano rispettivamente il 17,7%, 6,28% e il 2,45% degli invertebrati totali. Oligocheti, Crostacei e Tricladi insieme rappresentavano solo il 1,7 % del totale. Al contrario la comunità colonizzatrice del sito B ha visto prevalere i Ditteri (81,1 % del totale, per lo più rappresentati da Chironomidae, 56,1 %). Anche gli Anellidi erano vistosamente rappresentati, con Oligochaeta (9,56%, per lo più Naididae e Tubificidae) e Hirudinea (8,08%, principalmente *Erpobdella* sp.). Plecoptera, Ephemeroptera e Tricotteri erano quasi esclusivamente presenti nei campioni del sito A (Tabella 6.2).

Taxa	Site A	Site B
Leuctridae <i>Leuctra</i> sp.	6099	1
Nemouridae <i>Nemoura</i> sp.	1113	0
<i>Amphinemura</i> sp.	199	0
Perlodidae <i>Isoperla</i> sp.	370	0
Heptageniidae <i>Ecdyonurus</i> sp.	565	1
<i>Rhithrogena</i> sp.	55	0
Limnephilidae	205	0
Hydropsychidae <i>Hydropsyche</i> sp.	30	35
Chironomidae	1734	3327
Athericidae <i>Atherix</i> sp.	104	15
Psychodidae	7	163
Erpobdellidae	0	478
Naididae	1	240
Tubificidae	0	152
Lumbriculidae	0	135
Lumbricidae	1	40

**Tabella 6.2: Numero di individui rinvenuti per ogni taxa nei due siti di studio.**

Per quanto riguarda la comunità macrobentonica colonizzatrice, abbiamo notato alcune differenze temporali evidenti tra i due siti: nel sito A abbiamo osservato, in generale, un trend di crescita positivo mentre nel sito B è stato rilevato un picco intermedio. Ciò è accaduto, in generale, sia per l'abbondanza dei macroinvertebrati (N) che per la ricchezza in taxa (S). Il test ANOSIM ha mostrato una differenza significativa nella composizione della comunità tra i due siti, quando si considerano tutte le specie a foglia insieme (ANOSIM  $R = 0,62$ ,  $p < 0,05$ ), ma non ci sono differenze significative all'interno di ogni sito tra le specie di foglie (ANOSIM  $R = 0,02$ ,  $p > 0,05$  per il sito A e ANOSIM  $R = 0,01$ ,  $p > 0,05$  per il sito B).

Il nostro studio ha dimostrato che la perdita di massa dei pacchi di foglie è stata superiore nel sito A non inquinato piuttosto che nel sito B inquinato. Confrontando il tasso di degradazione (k) delle cinque specie di foglie, i valori più elevati sono stati riscontrati nel sito incontaminato A. È interessante notare che i tassi di decomposizione sono stati

diversi tra le specie, e quindi residui organici possono essere disponibili in tempi diversi all'interno il sistema lotico.

Per quanto riguarda la comunità a macroinvertebrati, il test ANOSIM ha mostrato chiare differenze tra i siti. Nel sito incontaminato i pacchi di foglie sono state colonizzate da una comunità diversificata e ricca, con una importante presenza di taxa stenoeici come Plecotteri, alcuni Ditteri, Efemerotteri e Tricotteri. Nel sito inquinato B, i pacchi di foglie erano quasi interamente colonizzati da taxa eurieci e tolleranti, come i Ditteri Chironomidae ed alcune famiglie di Anellidi. La differenza di perdita di massa potrebbe essere collegata a queste differenze di colonizzazione, perché è noto che una diminuzione della biodiversità (aspetti tassonomici e funzionali) compromette il buon funzionamento dell'ecosistema (Woodcock & Huryn, 2005). I tagliuzzatori, come Leuctridae, Nouridae, Limnephilidae costituiscono il più grande gruppo di colonizzatori nel sito A, mentre sono quasi assenti nel sito B, dove dove la comunità è dominata da raccoglitori, come Chironomidae e vari gruppi di Oligochaeti. I nostri risultati evidenziamo come comunità bentoniche ricche e diversificate garantiscano una più rapida decomposizione del materiale organico. Inoltre il nostro studio supporta l'ipotesi che l'origine geografica dei detriti vegetali (nativa/esotica) non è di per sé il motivo principale che plasma la comunità bentonica colonizzatrice di questa risorsa.