

Capitolo 5

CICLI VITALI ED ALIMENTAZIONE PRE-IMMAGINALE DI TRE SPECIE DI MACROINVERTEBRATI ALPINI DI ALTA QUOTA

*Life cycle and nymphal feeding of three high mountain
Alpine macroinvertebrate species (Plecoptera and
Ephemeroptera).*

Limnology

5.1 Introduzione

Le informazioni relative ai cicli vitali degli insetti che vivono in ambienti acquatici di alta montagna sono al momento attuale scarse e frammentarie. Studiare e descrivere i cicli vitali di questi organismi è di fondamentale importanza per comprenderne l'ecologia; inoltre osservare e comparare le variazioni delle caratteristiche dei cicli vitali all'interno di popolazioni della stessa specie, oppure fra specie affini è un campo di ricerca innovativo e che presenta interessanti sviluppi (Price *et al.*, 2011). Infatti, con simili studi si può rilevare come le popolazioni di diverse specie siano plasticamente adattabili a diversi contesti ambientali, oppure come specie differenti ma simpatriche mostrino speciali adattamenti nei loro cicli vitali (López-Rodríguez *et al.*, 2012a). Purtroppo, anche in zone del mondo ben studiate dal punto di vista entomologico, come l'Europa Occidentale, alcuni ambienti sono stati ancora trascurati a causa delle loro condizioni climatiche molto dure, che rendono difficile il campionamento durante alcuni periodi dell'anno. Di conseguenza, per numerose specie la conoscenza biologica è scarsa o addirittura inesistente. È il caso di alcuni taxa tipicamente alpini che vivono in ambienti d'acqua dolce di alta quota, i quali hanno sviluppato un complesso di strategie per sopravvivere alle condizioni ambientali estreme, in particolare alle temperature molto rigide di questi luoghi e, in generale, hanno sviluppato un alto grado di adattamento fisiologico e/o del ciclo di vita (Lencioni, 2004; Füreder, 1999, 2007). In questi ambienti, Efemerotteri e Plecotteri rappresentano probabilmente i due più importanti ordini nelle comunità macrobentoniche e ricoprono importanti e differenti ruoli nelle reti trofiche dei corsi d'acqua, come quelli di raccoglitori di particellato fine, raschiatori di biofilm, tagliuzzatori di particellato grossolano e predatori (Argano & Gandolfi, 2004; Fenoglio *et al.*, 2007; Silveri *et al.*, 2008).

La ricerca presentata in questo capitolo è stata rivolta allo studio dei cicli vitali di tre specie che da un lato sono rappresentative dell'entomofauna fluviale alpina (Morisi *et al.*, 2003; Fenoglio & Bo, 2004; Fochetti & Tierno de Figueroa, 2008.) e dall'altro sono particolarmente abbondanti nel Po a Pian della Regina. Si tratta quindi di organismi che probabilmente giocano un ruolo molto importante in quella che è l'ecologia e la rete trofica dei corsi d'acqua delle Alpi Occidentali: i Plecotteri *Dictyogenus alpinus* (Pictet, 1841) (Perlodidae), *Rhabdiopteryx alpina* (Kühtreiber, 1934) (Taeniopterygidae) e l'Efemerottero *Epeorus alpicola* (Eaton, 1871) (Heptageniidae).

Dictyogenus alpinus (Pictet, 1841)

Questo Perlodidae è un predatore di grandi dimensioni, che si nutre di un ampio spettro di organismi ma che può integrare la dieta con detrito organico di vario tipo (Fenoglio & Bo, 2004) (Figura 5.1). È stato osservato che la durata della sua vita ninfale è pari a due anni, eccezione fatta per la popolazione del Lunz (Bassa Austria) dove gli individui del luogo emergono alla terza estate del loro sviluppo ninfale (Zwick, 1977, 1982; Fochetti & Tierno de Figueroa, 2008). Tuttavia, più recentemente, Zwick & Zwick (2010) hanno sottolineato che la popolazione di *D. alpinus* del Lunz, che presenta il più lungo ciclo di vita riportato per un Perlodidae, in realtà appartiene alla specie *D. fontium* (Ris, 1896). Pertanto, non esistono studi dettagliati sul ciclo di vita di *D. alpinus*, ad eccezione del fatto che gli adulti sono presenti soprattutto durante l'estate, con un periodo di volo che si estende da giugno ad agosto (Fochetti & Tierno de Figueroa, 2008; Graf *et al.*, 2009).

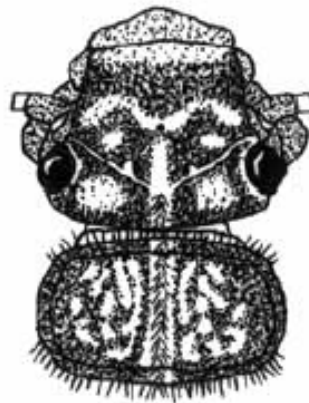


Figura 5.1: Aspetto dorsale del capo e pronoto delle ninfa di *Dictyogenus alpinus*
(Da Fochetti & Tierno de Figueroa, 2008)

Rhabdiopteryx alpina (Kühtreiber, 1934)

Nonostante *R. alpina* sia una specie abbastanza diffusa nei torrenti delle Alpi e delle Prealpi, le informazioni sulla sua biologia sono molto scarse (Figura 5.2; Fochetti & Tierno de Figueroa, 2008). Graf e collaboratori in un lavoro del 2009, segnarono per le diverse specie del genere *Rhabdiopteryx* un ruolo trofico come shredders o tagliuzzatori di particellato organico grossolano, abbinato alla raccolta di detrito fine. Gli stessi autori segnarono una durata di vita di circa un anno. Tuttavia, tranne queste poche informazioni e il fatto che presenta un periodo di volo prevalentemente primaverile (in Italia, questa specie ha un periodo di volo da aprile a luglio - Fochetti & Tierno de Figueroa, 2008), non esiste alcun dato riguardante il ciclo di vita di *R. alpina*, e neppure si hanno informazioni sulla sua dieta negli stadi pre-immaginali.



Figura 5.2: Ninfa di *Rhabdiopteryx alpina*

Epeorus alpicola (Eaton, 1871)

E. alpicola è un Efemerottero Heptageniidae tipicamente reofilo, ovvero che popola gli habitat fluviali caratterizzati da correnti veloci, vorticose e turbolente e substrati grossolani e stabili, prediligendo gli ambienti a raschio (*riffle*) (Figura 5.3 - Belfiore, 1983). Come ruolo trofico, *E. alpicola* è considerato essenzialmente un raschiatore, ma anche, in minor misura un raccogliitore, con un ciclo di vita di circa un anno (Buffagni *et al.*, 2009). Tuttavia, al momento attuale non sono disponibili studi particolari sul suo ciclo di vita, né tantomeno sulle sue abitudini alimentari. Questo taxon ha un periodo di volo estivo (Figura 5.4) in tutto il suo areale di distribuzione (Buffagni *et al.*, 2009).



Figura 5.3: Ninfa di *Epeorus alpicola* (foto A. Magliotti).

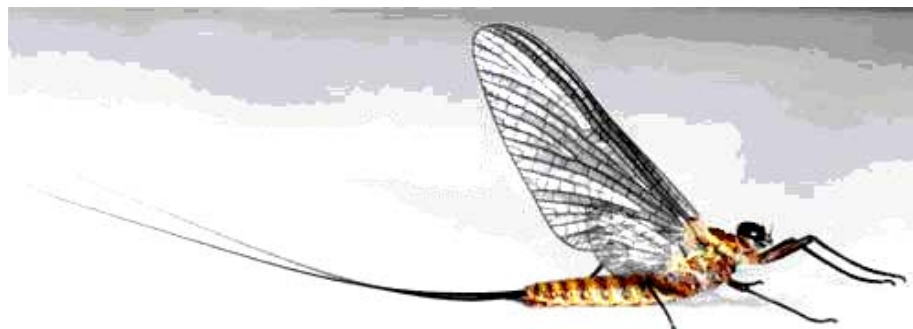


Figura 5.4: Adulto di *Epeorus alpicola* (foto A. Magliotti).

5.2 Scopo della ricerca

Scopo del presente lavoro è stato quello di aumentare le conoscenze sulla biologia di queste tre specie con uno studio di sedici mesi nell'alto tratto del fiume Po, a Pian della Regina, Crissolo (CN). Inoltre, è stata analizzata la dieta di *R. alpina* e *E. alpicola* tramite l'osservazione dei contenuti stomacali delle ninfe; per quanto concerne la dieta della terza specie, *D. alpinus*, le sue abitudini sono state precedentemente studiate dal nostro gruppo e non verranno quindi prese in considerazione in questa sede (Fenoglio & Bo, 2004).

Nel loro complesso i dati ottenuti contribuiranno a migliorare la conoscenza della biologia di queste specie, che possono essere considerate esempi rappresentativi dell'entomofauna lotica alpina.

5.3 Materiali e metodi

Nel periodo settembre 2009 - dicembre 2010 sono stati realizzati campionamenti a cadenza mensile, in una località del fiume Po (Pian della Regina - 1750 m s.l.m., UTM 357.750 - 4.951.547, Crissolo, CN, NW Italia), con l'obiettivo di raccogliere ninfe di Plecotteri ed Efemerotteri, tra cui le suddette tre specie *D. alpinus*, *R. alpina* e *E. alpicola*.

L'area di studio è situata in una zona di alta montagna, nel sud-ovest della catena alpina, più precisamente in quelle che sono le Alpi Cozie (Figura 5.5).



Figura 5.5: Il gruppo del Monviso, da cui nasce il fiume Po (Foto M. Cammarata)

Nell'area di studio, il sistema lotico presenta una buona qualità ambientale, raggiungendo la prima classe di qualità nell'Indice Biotico Esteso (Ghetti, 1997), corrispondente ad un ambiente non impattato dall'uomo. La tabella 5.1 mostra i risultati delle analisi dei principali parametri chimico-fisici.

Parameter	Values
Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	95 ± 0.16
C.O.D. (mg/l)	< 5.0
B.O.D. (mg/l)	< 2.0
Total P (mg/l)	< 0.05
O ₂ (mg/l)	11.1 ± 0.92
O ₂ (%)	90.4 ± 8.45
Flow speed (m/s)	0.43 ± 0.15
Mean temperature ($^{\circ}\text{C}$)	4.37 ± 2.30
pH	7.56 ± 0.09

Tabella 5.1: Principali parametri chimico-fisici rilevati nel sito di studio durante il periodo di campionamento (media \pm DS). La media della temperatura è riferita al periodo gennaio 2010 - dicembre 2010.

È stata misurata la temperatura dell'acqua utilizzando un HOBO® Water Temp Pro datalogger (0.001° C precisione), ma solo i dati da gennaio 2010 a dicembre 2010 sono disponibili (Figura 5.6).

Il fiume Po è un sistema lotico perenne, con considerevoli variazioni di portata; in particolare si è registrata un aumento di questa nei mesi tardo primaverili a causa dello scioglimento delle nevi. La portata varia da un minimo di 0,07 m³/s nel mese di dicembre a 1,78 m³/s in maggio. Nel periodo di studio, la larghezza dell'alveo bagnato è variata da 1,1 m (dicembre) a 7,5 m (maggio) e la profondità media è variata da 12 cm a 60 cm, seguendo la tendenza riportata per la portata. Il substrato è composto da circa il 50% *macro* e *megalithal*, 30% *mesolithal* ed un 20% *microlithal* e sabbia.

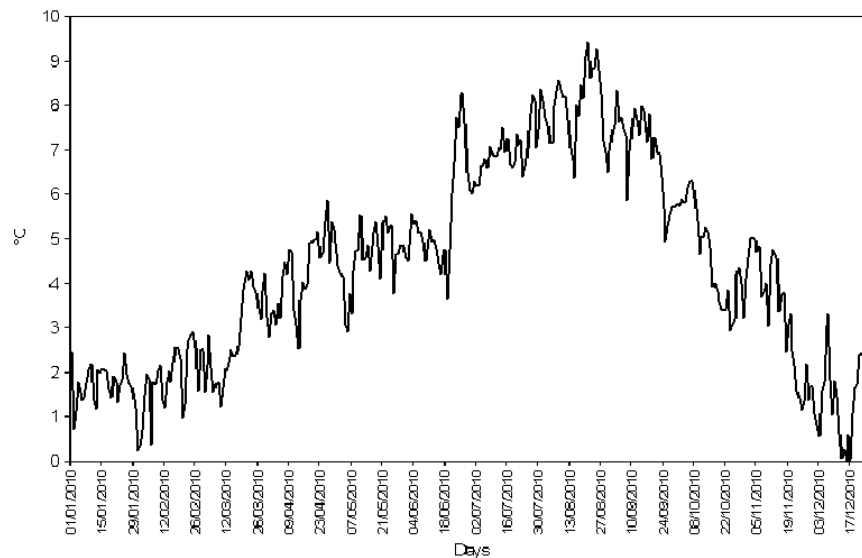


Figura 5.6: Temperatura giornaliera delle acque rilevata nell'area di studio dal gennaio 2010 al dicembre 2010.

Le ninfe sono state raccolte con un retino Surber (0,5 m² e 250 micron di maglia). Tutti i campioni sono stati conservati in etanolo al 95%. Per ogni individuo catturato sono stati misurati la lunghezza totale e la larghezza del pronoto (Figura 5.7), con l'ausilio di uno stereomicroscopio Nikon® SMZ-1500 (0,1 mm di precisione).

Le misure sono state standardizzate mettendo ogni individuo tra due lastre di vetro. I cicli vitali sono stati rappresentati utilizzando grafici che mettono in relazione le dimensioni degli individui con la frequenza di questi ultimi e sono stati realizzati con il software FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2002).

Le diete delle ninfe di *R. alpina* ed *E. alpicola* sono state determinate osservando i contenuti stomacali di individui (n=30) di diverse dimensioni per ogni specie. Lo studio della dieta è stato eseguito secondo la metodologia utilizzata da Bello & Cabrera (1999), come in altri studi di alimentazione di Plecotteri ed Efemerotteri (Tierno de Figueroa *et al.*, 2006; Fenoglio *et al.*, 2008; López-Rodríguez *et al.*, 2009a). Ogni individuo è stato inserito in una provetta con liquido di Hertwig che è stata poi riscaldata in un forno a 65 °C per circa 24 ore, consentendo una visione chiara del contenuto stomacale. Infatti il liquido di Hertwig consente di chiarificare l'esoscheletro chitinoso degli insetti e permette quindi di

osservare le parti interne degli organismi. Successivamente i campioni sono stati preparati su vetrini per l'osservazione dei contenuti stomacali al microscopio.

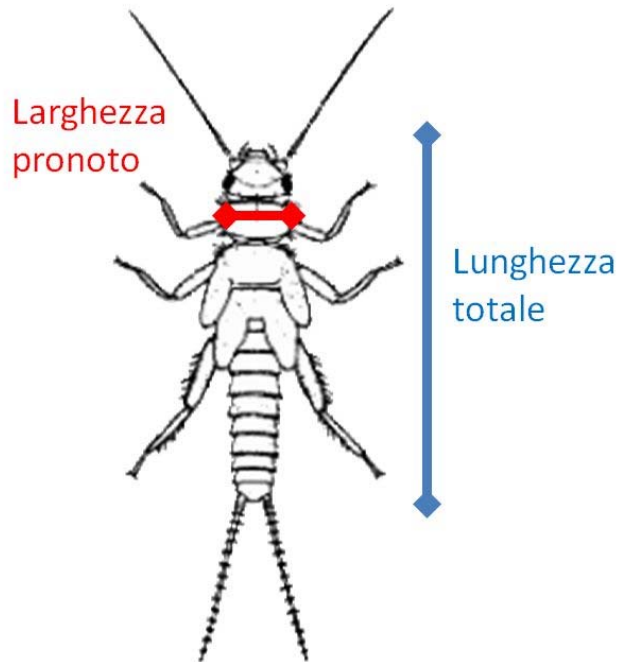


Figura 5.7: Parametri misurati per ogni individuo: Pronoto e Lunghezza totale.

È stata stimata la percentuale assoluta del contenuto stomacale all'interno del tubo digerente (a 40x di ingrandimento) e l'area totale occupata dal contenuto nel sistema digestivo intero (dalla bocca all'ano), con un ingrandimento di 400x, con un apposito micrometro oculare è stato poi esaminato il contenuto in dettaglio, ed è stato assegnato un valore di "contenuto stomacale relativo", come area occupata per ogni componente dell'alimentazione all'interno del contenuto totale del tubo digerente.

Le specie sono state poi classificate in gruppi trofico funzionali (FFG) secondo le fonti di cibo ingerite ed i meccanismi di acquisizione degli alimenti (Cummins, 1973; Merritt & Cummins, 2006).

5.4 Risultati

5.4.1 Cicli vitali

Poiché la lunghezza totale del corpo e la larghezza del pronoto sono risultati altamente correlati in tutte le specie (Gamma correlazione = 0,90 per *D. alpinus*, Gamma di correlazione = 0,89 per *R. alpina* e Gamma correlazione = 0,93 per *E. alpicola*; $p < 0,05$ in tutti i casi), e sono state realizzate le analisi successive utilizzando unicamente la lunghezza totale del corpo.

Lo sviluppo ninfale di *D. alpinus* ha una durata di circa 24 mesi (Figura 5.8). Durante l'anno, convivono all'interno del corso d'acqua due distinte generazioni. La crescita di queste ninfe è relativamente lenta durante l'autunno e l'inverno (dalla fine di agosto alla fine di marzo) e subisce un certo incremento in primavera ed estate. Le ninfe di medie dimensioni continuano a crescere ad un ritmo tendenzialmente rapido e approssimativamente costante nel tempo, completando il loro sviluppo in aprile-maggio dell'anno successivo, quando le ninfe mature sono presenti nel torrente, così come alcuni adulti sono già presenti in volo. Le femmine, dopo l'accoppiamento, depongono le loro uova durante questi mesi più caldi. Lo sviluppo embrionale si suppone sia completato molto velocemente, in quanto gli embrioni diventano neanidi in soli 1-2 mesi.

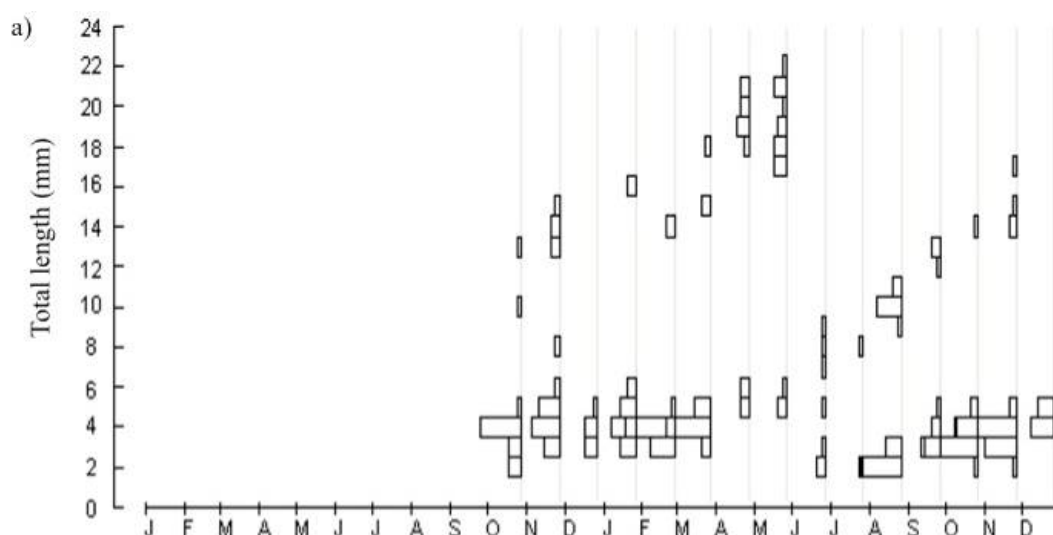


Figura 5.8: Ciclo vitale di *Dictyogenus alpinus* nel fiume Po (dimensioni e frequenza individui).

Le ninfe di *R. alpina* completano il loro intero sviluppo in circa otto mesi (Figura 5.9). Le neanidi schiudono dalle uova e compaiono nel torrente alla fine di settembre, ed iniziano la loro crescita a un ritmo approssimativamente costante durante tutto il periodo di sviluppo ninfale. La schiusa di questa specie avviene in modo piuttosto sincrono. Lo sviluppo ninfale è completato alla fine di marzo e aprile, quando sono presenti ninfe mature ed adulti, anche se alcune ninfe si rinvenivano ancora alla fine del mese di giugno (in realtà ne è stata raccolta solo una). Dopo la deposizione, le uova rimangono nel torrente per approssimativamente circa cinque mesi, dopodiché inizia la schiusa. La crescita in questa specie è approssimativamente costante per tutto il periodo ninfale, indipendentemente dalla temperatura dell'acqua.

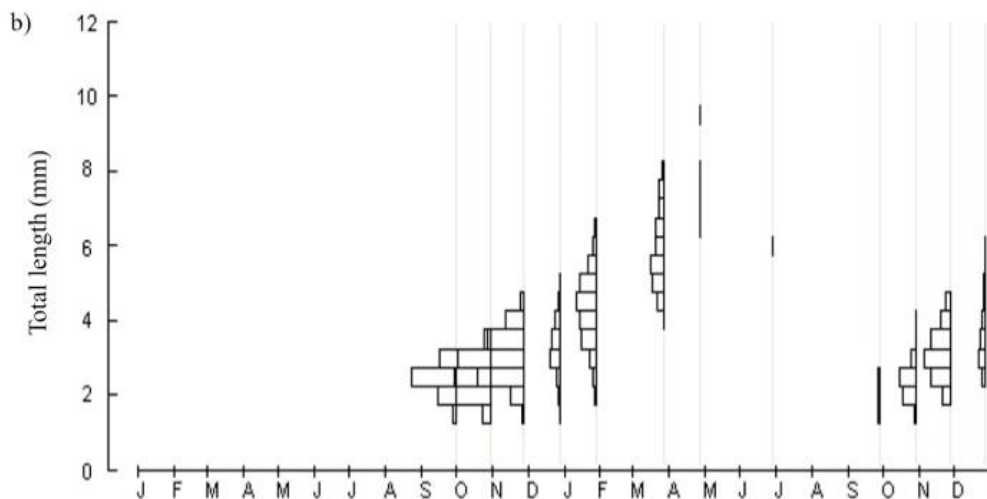


Figura 5.9: Ciclo vitale di *Rhabdiopteryx alpina* nel fiume Po (dimensioni e frequenza individui).

Il completo sviluppo ninfale di *E. alpicola* si verifica in 19 mesi (Figura 5.10). In alcuni di questi mesi, due generazioni coesistono nel letto del fiume. La crescita di queste ninfe sembra essere relativamente lenta durante i mesi primaverili ed estivi ed accelera nei mesi più freddi dell'autunno e dell'inverno. Le ninfe di medie dimensioni completano il loro sviluppo dopo un periodo di crescita relativamente rapida in primavera ed estate. Ninfe mature sono state catturate dalla fine del mese di maggio fino al mese di luglio. È interessante notare come in questa popolazione è stata osservata una grande variabilità

dimensionale in ogni campionamento; questo significa che gli individui della popolazione non crescono tutti nello stesso modo.

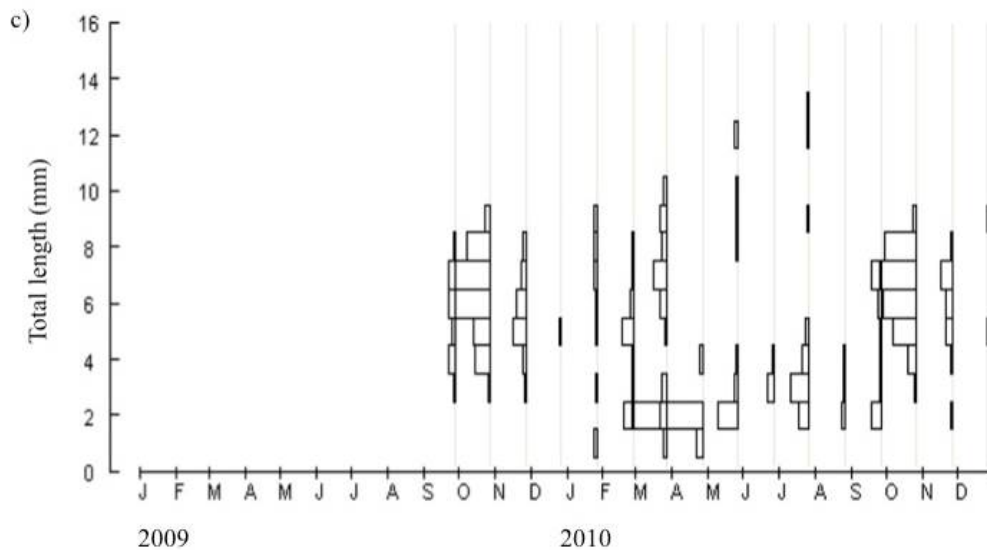


Figura 5.10: Ciclo vitale di *Epeorus alpicola* nel torrente Po (dimensioni e frequenza individui).

5.4.2 Alimentazione

Il Plecottero *R. alpina* si nutre principalmente di diatomee e alghe incrostanti, anche se una certa componente della sua dieta riguarda il detrito organico (Tabella 5.2). Altre risorse, come ad esempio il particolato organico grossolano (CPOM) ed il polline, sono ingerite sporadicamente. Alcune delle ninfe di *R. alpina* avevano una certa quantità di materia minerale all'interno del canale alimentare.

L'Emerottero *E. alpicola* nel fiume Po si nutre principalmente di detrito organico e diatomee (Tabella 5.2). Questa effimera ingerisce anche cianobatteri, ife e polline, ma con percentuali minori. Anche in alcune ninfe di questa specie è stato rinvenuto materiale minerale all'interno dei contenuti stomacali, ingerito probabilmente in modo accidentale.

	<i>Rhabdiopteryx alpina</i>					<i>Epeorus alpicola</i>				
	N	Mean	SD	Min	Max	N	Mean	SD	Min	Max
% absolute	30	27.83	26.64	0.00	80.00	27	34.07	23.29	0.00	85.00
% detritus	21	13.10	22.61	0.00	90.00	23	78.48	26.01	10.00	100.00
% diatoms	23	87.04	21.56	10.00	100.00	23	17.83	23.38	0.00	90.00
% hyphae	-	-	-	-	-	23	0.09	0.42	0.00	2.00
% pollen	23	0.30	1.06	0.00	5.00	23	0.13	0.34	0.00	1.00
% CPOM	23	0.35	0.98	0.00	4.00	-	-	-	-	-
% Cianobacteria	-	-	-	-	-	23	3.26	15.64	0.00	75.00
% mineral matter	23	0.35	1.11	0.00	5.00	23	0.22	1.04	0.00	5.00

Tabella 5.2: Contenuti stomacali delle ninfe di *R. alpina* ed *E. alpicola*.

5.5 Discussione

5.5.1 Cicli vitali

Il ciclo di vita di *D. alpinus* è semivoltino, non stagionale (*sensu* Hynes, 1970) e sono presenti nella maggior parte dell'anno due generazioni sovrapposte. Il periodo di sviluppo delle ninfe di questa specie è piuttosto lungo (circa due anni), anche se Zwick & Zwick (2010) hanno registrato un periodo di sviluppo ninfale di tre anni per *D. fontium*, (altra specie dello stesso genere) a Lunz (Austria), il più lungo ciclo di vita riportato per un Perlodidae. Anche Graf *et al.* (2009) hanno affermato che *D. alpinus* (così come il congenerico *D. fontium*) possa avere un ciclo di vita più lungo di un anno. È rimarchevole che lo sviluppo embrionale di questa specie sia invece così rapido, con neanidi infatti che impiegano unicamente 1-2 mesi per l'intero sviluppo embrionale. Questo potrebbe essere legato al fatto che questo periodo coincide con i mesi più caldi dell'anno nel sito studiato, e quindi temperature più elevate possono accelerare questo sviluppo. Tale rapido sviluppo embrionale è stato registrato anche in altre specie di Perlodidae di alta quota; anche in questo caso è stata registrata la coincidenza con i mesi con le temperature più alte (López-Rodríguez *et al.*, 2012).

L'altro Plecottero studiato, *R. alpina*, ha un ciclo di vita univoltino stagionale (*sensu* Hynes, 1970). Nel resto dell'Europa, le specie del genere *Rhabdiopteryx* hanno, come nel nostro caso, un ciclo di vita inferiore all'anno (Graf *et al.*, 2009). Ciononostante, lo sviluppo ninfale delle altre specie studiate di *Rhabdiopteryx* è più breve di quello di *R. alpina* nel fiume Po. Kovács & Weinzierl (2003) hanno sottolineato che le ninfe di *R. hamulata* (Klapálek, 1902) completano la loro crescita in sei mesi a 270 m s.l.m. nei monti Matra (Nord Ungheria). Il torrente in cui è stato condotto questo studio è un ambiente intermittente, ovvero ha dei periodi di asciutta, cosicché le uova devono sopravvivere a questo periodo di carenza idrica inserite all'interno di muschi del genere *Fontinalis*. Nel nostro sito di studio, le prime ninfe sono state catturate in novembre e sono rimaste presenti in alveo fino alla metà di aprile. D'altra parte, López-Rodríguez & Tierno de Figueroa (2006) hanno studiato una popolazione di *R. christinae* (Theischinger, 1975) in un torrente temporaneo a 1380 m s.l.m., nel sud della Spagna, dove hanno riscontrato un ciclo di vita univoltino, con un brevissimo, veloce e costante periodo di sviluppo ninfale di soli quattro mesi (da dicembre a marzo). Rispetto a *R. alpina*, sia *R. hamulata* che *R. christinae* hanno un periodo più lungo di sviluppo embrionale, che può essere dovuto alla presenza di una diapausa allo stadio di uovo, per superare il periodo di siccità. Nel caso di *R. alpina* lo sviluppo embrionale si verifica durante i mesi più caldi, cosicché le temperature elevate possono anche accelerare questo sviluppo, anche se questa specie non presenta una diapausa allo stadio di uovo.

L'effimera *E. alpicola* ha un ciclo vitale semivoltino, non stagionale (*sensu* Hynes, 1970). Come nel caso di *D. alpinus*, due generazioni diverse convivono in alveo per diversi mesi dell'anno. Il periodo di sviluppo ninfale è abbastanza lungo rispetto ad altre specie di *Epeorus* (Buffagni *et al.*, 2009). In realtà, questa specie è stata registrata come univoltina in varie parti dell'Europa centrale (Studemann *et al.*, 1992; Bauernfeind *et al.*, 2001). È interessante notare che nell'ambito di ogni generazione vi è una vasta gamma di diverse dimensioni tra gli individui della popolazione; in parte, si suppone che questa variabilità possa essere correlata con le marcate differenze tra maschi e femmine durante la fase di ninfa che di solito si riscontrano nella famiglia degli Heptageniidae (Miyairi & Tojo, 2007). In questa specie lo sviluppo embrionale richiede fino a 6-9 mesi.

Molti autori hanno sottolineato che la durata dei cicli di vita, la crescita della ninfa e lo sviluppo embrionale della neanide in ambienti freddi, sono probabilmente diversi rispetto

ad ambienti meno estremi (Füreder, 2007). Infatti, Füreder (1999) ha osservato che basse temperature possono ridurre in modo significativo i tassi di crescita ed aumentare i tempi di sviluppo per alcuni insetti acquatici. Ciò è confermato dal confronto dei cicli di vita di *R. alpina* ed *E. alpicola* con quelli di specie dello stesso genere che abitano ambienti a quote inferiori.

5.5.2 Alimentazione

Come indicato precedentemente, l'alimentazione delle ninfe di *D. alpinus* non è stata studiata in questa ricerca perché uno studio precedente ha già affrontato questo argomento proprio in alta valle Po. In questo studio *D. alpinus* risulta essere un efficace predatore, anche se la sua dieta ha presentato in parte abitudini detritivore, con la presenza di particellato organico nei contenuti stomacali (Fenoglio & Bo, 2004).

Nel nostro studio, *R. alpina* si comporta principalmente come raschiatore, ingerendo prevalentemente diatomee. Non esistono altri studi sull'alimentazione delle ninfe di questa specie ma López Rodríguez & Tierno de Figueroa (2006) hanno studiato il contenuto stomacale del congenere *R. christinae* nel sud della Spagna e hanno scoperto quelle ninfe si comportano principalmente come raccoglitori e raschiatori. In una revisione bibliografica, Graf *et al.* (2009) hanno classificato l'intero genere *Rhabdiopteryx* come tagliuzzatori di particellato grossolano, ma anche come raccoglitori di particellato fine. Nonostante questi dati siano una generalizzazione a livello di genere, non possiamo non attribuire a questi organismi anche il ruolo di raschiatori, come è stato sottolineato anche per altre specie appartenenti alla famiglia dei Taeniopterygidae, come alcune del genere *Brachyptera* nella Spagna meridionale e del Nord Africa (López-Rodríguez *et al.*, 2009b; Azzouz & Sánchez-Ortega, 2000). Per questo genere, Hynes (1976) aveva già sottolineato come la struttura dell'apparato boccale sarebbe stata utilizzata per raschiare il biofilm algale dal substrato litoide. Strutture simili sono presenti anche in *R. alpina*.

D'altro canto, *E. alpicola* agisce principalmente come raccoglitore e, in minor modo, come raschiatore. Tale comportamento da raccoglitore è stato anche evidenziato per altre specie della famiglia Heptageniidae (Buffagni *et al.*, 2009), nonostante tutta questa famiglia sia considerata all'interno del gruppo FFG dei raschiatori (Merritt & Cummins, 2006). In realtà le loro parti della bocca sono chiaramente un adattamento a questo tipo di

alimentazione, in qualità di spazzole per raspare il biofilm algale dalle pietre dell'alveo fluviale dove questi animali si alimentano.

In conclusione, questo lavoro ha evidenziato alcuni interessanti aspetti del ciclo vitale e dell'ecologia trofica (cicli vitali allungati e elevata plasticità trofica) di tre specie di insetti acquatici orofili, contribuendo ad una migliore conoscenza non solo delle singole unità tassonomiche ma anche delle caratteristiche ecologiche e degli adattamenti evolutivi necessari per la vita negli ambienti lotici di alta quota.