

Analisi del contenuto stomacale di *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), gambero invasivo nella riserva naturale “Bosco Siro Negri” (Zerbolò, Pv)

Laura GARZOLI, Dario SAVINI* & Anna OCCHIPINTI AMBROGI

Dipartimento di Ecologia del Territorio, Università degli Studi di Pavia, Via S. Epifanio 14, 27100 Pavia, Italia

* E-mail dell'Autore per la corrispondenza: dario.savini@unipv.it

RIASSUNTO - *Analisi del contenuto stomacale di Procambarus clarkii* (Girard, 1852), gambero invasivo nella riserva naturale “Bosco Siro Negri” (Zerbolò, Pv) - Nel corso di una ricerca, condotta dalla Sezione di Ecologia del Dipartimento di Ecologia del Territorio dell'Università di Pavia, volta a indagare lo stato ecologico di una lanca posta al confine della riserva integrale A “Bosco Siro Negri” (Parco Lombardo della Valle del Ticino), è stata rilevata la presenza di una popolazione residente di *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), il gambero rosso della Louisiana. Al fine di valutare l'impatto di questa specie aliena e invasiva sulla flora e la fauna presenti è stato analizzato il contenuto stomacale di un campione rappresentativo di 208 esemplari. Si sono considerate tre categorie principali di alimento: animale, vegetale e detrito, valutate in percentuale rispetto al volume totale di alimento contenuto nello stomaco. Il presente studio ha confermato come *P. clarkii* sia una specie onnivora, principalmente detritivora, la cui alimentazione è costituita da una considerevole componente vegetale, e da una componente animale comunque significativa e costante in tutti i campioni analizzati. Il presente studio conferma la presenza all'interno della lanca di una popolazione perfettamente acclimatata di *P. clarkii*, la cui attività di predazione costituisce una seria minaccia per l'integrità di questo ecosistema.

SUMMARY - *Stomach content analysis of Procambarus clarkii, invasive crayfish in the Natural Reserve “Bosco Siro Negri” (Zerbolò, Pv, Italy)* - During previous investigations performed by the “Sezione di Ecologia Dipartimento di Ecologia del Territorio dell'Università di Pavia” in a pond inside the Natural Reserve “Bosco Siro Negri” (Parco Lombardo della Valle del Ticino) it has been reported the presence of an acclimated population of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852). In order to assess impact caused by predation on local flora and fauna, stomach content analyses on a representative sample of 208 crayfish were performed. Three different food categories: animals, plants and detritus were considered and evaluated in percentage in comparison to the total stomach content volume. This study confirms that *P. clarkii* is polytrophic, feeding mainly on detritus with a relevant presence of plant material in its diet. However, animal parts are constantly and significantly present in stomachs. In conclusion, this study has confirmed the presence of a perfectly acclimatized population of the crayfish, representing a real threat for the integrity of the ecosystem.

Parole chiave: specie aliena, *Procambarus clarkii*, Bosco Siro Negri, impatto, predazione, analisi contenuto stomacale, Pavia

Key words: alien species, *Procambarus clarkii*, Bosco Siro Negri, impact, predation, stomach content analysis, Pavia (Italy)

1. INTRODUZIONE

Il gambero rosso della Louisiana *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) è un crostaceo decapode considerato tra i più pericolosi invasori degli ecosistemi d'acqua dolce europei. Originario del centro-sud degli Stati Uniti e del nord-est del Messico, è oggi presente in tutto il mondo, a eccezione di Australia e Antartico (Hobbs *et al.* 1989). Benché non provvisto di efficienti sistemi di dispersione delle uova e delle larve, la sua diffusione è stata favorita dall'attività dell'uomo che per anni l'ha esportato, permettendogli di superare le barriere naturali (Geiger *et al.* 2005). La prima introduzione in Europa, avvenuta in Spagna nel 1973, è ben documentata (Hasburgo-Lorena 1986) e, a partire dal 1990, anche nel nord e nel centro Italia sono stati rinvenuti numerosi esemplari in diversi corsi d'acqua (Gherardi *et al.* 1999). Questa specie r-stratega mostra caratteristiche quali maturità precoce, rapido tasso

di crescita (50 g in 3-5 mesi, Paglianti & Gherardi 2004) e alto investimento nella riproduzione (fino a 700 uova/femmina, Savini 2007), che le consentono una veloce proliferazione negli ecosistemi colonizzati. Questi fattori, unitamente alla possibilità di adattare il ciclo vitale alle nuove condizioni ambientali, permettono al gambero una facile acclimatazione alla maggior parte degli ecosistemi lentici e lotici (Gutiérrez-Yurrita & Montes 1999). *P. clarkii* s'inserisce nella rete trofica a diversi livelli esercitando sia un controllo di tipo “top-down” (è consumatore terziario di pesci, macroinvertebrati e anfibi) sia di tipo “bottom-up” (si nutre di produttori primari, in particolare di macrofite acquatiche). Spesso le specie native non riescono a sostenere competizione e pressione predatoria di questa specie (Renai & Gherardi 2004). *P. clarkii* svolge anche un ruolo di primaria importanza nella catena del detrito: si nutre infatti della sostanza organica presente nei detriti in decomposizione accelerandone la minera-



Fig. 1 - Area di studio. ©2008 Google modificato.
Fig. 1 - Study area. ©2008 Google modified.

lizzazione e provocando la risospensione del sedimento fine nella colonna d'acqua (Angeler *et al.* 2001). Sebbene in alcune aree l'allevamento e la pesca di *P. clarkii* rappresentino una temporanea fonte di guadagno, nella maggior parte dei casi i danni superano di gran lunga gli utili. Questa specie infatti è riconosciuta a livello internazionale come un vero e proprio “flagello delle risaie”, sia perché si nutre di semi e germogli, sia per il suo comportamento fossorio che danneggia argini e sistemi di irrigazione, causandone spesso il crollo (Correia 2003). Infine *P. clarkii* è portatore sano di funghi patogeni quali *Aphanomyces astacii* (Schikora, 1906), un Oomicete che può causare la moria massiva delle specie autoctone di gamberi.

Nell'ambito di indagini condotte da Savini (2007) all'interno della lanca sita al confine della riserva integrale A “Bosco Siro Negri”, del Parco Lombardo della Valle del Ticino, è stata individuata una popolazione residente di *P. clarkii*. Questo importante ecosistema umido, nel territorio comunale di Zerbolò (Pavia) è stato posto sotto tutela nel 1974 (Fig. 1). Data l'importanza della Riserva “Bosco Siro Negri” come riserva di biodiversità, il presente lavoro si pone come obiettivo la valutazione dell'impatto causato dalla predazione di *P. clarkii* nei confronti della flora e la fauna acquatica dell'area protetta mediante analisi del contenuto stomacale.

2. AREA DI STUDIO

L'area di studio è costituita da un braccio abbandonato (lanca o morta) del fiume Ticino, alimentato esclusivamente da acque di subalveo e meteoriche. L'alveo, a forma di C, si compone di due bracci che mostrano caratteristiche ecologiche distinte. Il braccio disposto a ovest (lunghezza circa 50 metri, ampiezza circa 12 metri, profondità massima 50 cm), il meno profondo, presenta acque scarsamente ossigenate, con limitata escursione termica (probabilmente in relazione alla risalita delle acque di falda). Il braccio di nord-ovest invece (lunghezza circa 70 metri, ampiezza circa 50 metri, profondità massima 170 cm), nella zona centrale è più profondo, con acque maggiormente ossigenate e forte escursione termica in relazione alla temperatura atmosferica (Savini 2007). Importanti variazioni stagionali del livello delle acque e della loro estensione ne fanno un ambiente estremamente dinamico (nella stagione estiva i due

bracci sono completamente separati, mentre nella stagione invernale la superficie del bacino può ghiacciare completamente).

La flora acquatica (idrofite sommerse) si compone di tre specie autoctone, *Potamogeton natans* (Linnaeus, 1758), *Potamogeton crispus* (Linnaeus, 1758), *Myriophyllum spicatum* (Linnaeus, 1758) e una alloctona, *Lagarosiphon major* (Ridley Moss, 1928), comunemente definita “peste d'acqua. La fauna ittica è costituita da cinque alloc-toni: *Ictalurus melas* (Rafinesque, 1820), *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), *Pseudorasbora parva* (Tammenck & Schlegel, 1842), *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782), *Gambusia holbrooki* (Girard, 1859) e tre autoctoni: *Cobitis taenia bilineata* (Canestrini, 1865), *Esox lucius* (Linnaeus, 1758), *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758).

3. METODI

3.1. Cattura degli esemplari

Per lo studio del contenuto stomacale sono stati utilizzati individui di *P. clarkii* raccolti nel periodo compreso fra il 16/11/2005 e il 20/07/2006. La cattura è stata effettuata tramite trappole a nassa, costruite ad hoc per l'area di studio. Le nasse (30 cm di lato, 70 cm di lunghezza) hanno sezione triangolare e sono provviste di un “inganno” a forma di imbuto in rete di nylon (maglia: 4 mm), innescate con mangime umido per gatti, che da indagini preliminari è risultato essere il più appetibile. Le trappole sono state posizionate lungo i due bracci della lanca, a una distanza di circa 10 metri le une dalle altre ed ispezionate sistematicamente tutto l'anno con cadenza settimanale (a eccezione dei mesi di gennaio e febbraio quando gran parte del bacino era ghiacciata, e in agosto quando circa il 70 % del bacino era in secca). A ogni controllo, gli esemplari venivano rimossi e l'esca sostituita; solo gli esemplari ancora viventi di *P. clarkii* venivano portati in laboratorio per essere poi subito surgelati a una temperatura di -18 °C. Per ogni individuo sono stati annotati sesso, lunghezza totale (Ltot), lunghezza del cefalotorace (Lcft) e peso totale (Ptot).

3.2. Analisi del contenuto stomacale

Lo stomaco (proventricolo) si trova in posizione dorsale, prossimo alla parte cefalica, situato esattamente al di sopra della bocca e collegato a essa tramite un corto esofago. Per esporre gli organi interni, si è inizialmente rimosso il carapace dal cefalotorace praticando due incisioni: una per recidere la finestra dorsale (sottile membrana che si forma nella sovrapposizione del carapace del torace e quello dell'addome) e una lungo il bordo della cuticola nella parte ventrale, a livello della saldatura con i segmenti del torace. Dopo l'asportazione delle due grandi ghiandole epatopancreatiche, che occupano la maggior parte della cavità del corpo, gli stomaci sono stati estratti avendo cura di limitare la fuoriuscita del contenuto, afferrandone le estremità intestinale ed esofagea. Come riportato da Correia (2003) si è deciso di considerare tre categorie principali di alimento: animale, vegetale e detrito. Tali categorie sono distinguibili come segue: i frammenti di vegetali, facilmente riconoscibili in quanto è ben visibile la parete cellulare; la compo-

nente animale (parti di esoscheletro di macroinvertebrati acquatici, vertebre di pesce, ecc.); il detrito, insieme di particolato organico (vegetale e animale) e inorganico (sedimento minerale) non ascrivibile alle altre due categorie. Il materiale era distribuito in piastre Petri provviste di una griglia di 100 riquadri, dove ogni riquadro rappresentava 1/100 del contenuto stomacale. Sono stati quindi contati e rapportati al volume totale i riquadri occupati da ciascuna delle tre categorie alimentari.

3.3. Stima del volume stomacale

Alcuni stomaci integri, chiusi alle due estremità e riempiti con acqua mediante iniezione con una siringa, sono stati posti in un sistema computerizzato di analisi delle immagini (Image Pro Plus) e ne è stato misurato il diametro. È stata quindi effettuata una stima approssimativa del volume di liquidi contenuto dallo stomaco di un esemplare di taglia media ($L_{tot} = 9,5 \pm 1,4$ cm) di *P. clarkii*, approssimandone la forma a una sfera.

3.4. Analisi statistica

Il confronto dei valori medi percentuali del contenuto stomacale è stato effettuato applicando il test statistico non parametrico di Kolmogorov–Smirnov (Conover 1999).

La variazione temporale del contenuto stomacale è stata analizzata mediante applicazione del software statistico Primer. In particolare, sono stati costruiti grafici MDS (Multi-Dimensional Scaling) che riportano le differenze di contenuto stomacale come distanze geometriche su un grafico a due dimensioni (i.e., i mesi in cui i campioni presentano contenuto stomacale simile vengono raggruppati). La significatività statistica della rappresentazione grafica è garantita da un indice, riportato come valore di stress, che deve essere inferiore a 0,2 (Clarke and Warwick 1994).

4. RISULTATI

Per le analisi del contenuto stomacale sono stati sezionati complessivamente 208 individui di *P. clarkii* di dimensioni comprese tra 4,1 e 12,3 cm di lunghezza totale. Il 78% (163 individui) presentava stomaco pieno (circa 2 ml, per un individuo di taglia media), mentre la rimanente parte del campione (45 individui, i cui stomaci risultavano parzialmente o totalmente vuoti) è stata esclusa dalle analisi. I risultati, complessivamente (media di tutti i campioni analizzati), mostrano come il detrito sia la componente principale della dieta del gambero (54%), segue la componente vegetale (35%) e infine quella animale (11%). Sebbene la componente detritica sia predominante in quasi tutti mesi, nel mese di luglio 2006 la componente vegetale risulta più importante (47%). Il consumo di detrito prevale nei mesi freddi, con un massimo a dicembre 2005 (75%). La componente animale è sempre presente in percentuali significative (circa 10%, ad eccezione del mese di marzo 2006: 1%), piuttosto costante, con il massimo di consumo in luglio (47%).

I grafici MDS (Fig. 2) dimostrano chiaramente questo andamento: nei mesi freddi (dicembre, marzo) il consumo di detrito è predominante, questi vengono infatti riportati “vicini” nella mappa mentre, con lo svilup-

Tab. 1 - Differenze di contenuto stomacale di *P. clarkii* in relazione alla taglia degli esemplari esaminati. CT= classi di taglia; N= n. individui; KS test= risultati del test statistico di Kolmogorov–Smirnov; H= valore del test, DF= gradi di libertà, p= significatività statistica al 95% di confidenza. Le differenze significative sono indicate mediante asterisco.

Tab. 1 - *P. clarkii* stomach content differences in relation to size. CT= size classes; N= n. individuals; KS test= Kolmogorov–Smirnov statistics; H= test value, DF= degrees of freedom, p= 95% confidence. Significant differences are indicated with an asterisks.

CT (cm):	N	detrito	vegetale	animale
4,1-7,0	6	50,33	35,00	14,67
7,1-10,0	73	57,54	36,32	6,14
10,1-13,0	59	46,21	38,13	15,67
KS test		H = 0,25 DF = 2 p > 0,05	H = 4,10 DF = 2 p > 0,05	H = 6,5 DF = 2 p < 0,05*

po della vegetazione acquatica, il consumo di materiale animale e vegetale aumenta progressivamente a partire da aprile e raggiunge un massimo in luglio. Il mese di novembre 2005 risulta simile ai mesi primaverili per composizione della dieta.

In generale non si evidenziano particolari differenze nella dieta in relazione alla taglia degli esemplari. Solo negli individui più grandi (lunghezza totale= 10,1-13,0 cm; età > 1 anno) è stato rinvenuto un contenuto significativamente maggiore di prede animali (Kolmogorov–Smirnov test H= 6,5; p< 0,05) (Tab. 1). In 48 stomaci sono stati inoltre rinvenuti gastroliti, placche calcaree di forma ovoidale ricoperte da una cuticola per evitarne la dissoluzione a opera degli acidi dello stomaco. Queste formazioni rappresentano un meccanismo di stoccaggio del carbonato di calcio (Wheatly & Ayers 1995), che il gambero può utilizzare per la costruzione del nuovo esoscheletro. Si formano e si ingrandiscono durante la pre-ecdisi vengono disciolti durante la post-ecdisi. Infine, nel 5% degli stomaci analizzati sono state ritrovate parti di *P. clarkii*, probabilmente frammenti di vecchio esoscheletro ingeriti dopo l'evento di muta o derivati da atti di cannibalismo.

5. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'analisi del contenuto stomacale di *P. clarkii* ha permesso di raccogliere importanti informazioni riguardanti l'impatto del gambero sulla rete trofica della lanca. Come atteso, il gambero risulta essere onnivoro, principalmente detritivoro in inverno, con una considerevole componente vegetale nella sua alimentazione in primavera-estate e nel tardo autunno. Sebbene la selezione delle prede possa essere influenzata da molti parametri biotici e abiotici, alcuni dei quali sconosciuti (Correia 2003), si evince da questo studio come la politrofia e l'opportunismo siano alla base del successo dell'invasione di *P. clarkii*. Il gambero, adattando infatti la dieta alla disponibilità

delle risorse alimentari, riesce a superare condizioni ambientali sfavorevoli. Il detrito è risultato essere il principale nutrimento nei mesi invernali, quando le condizioni ambientali riducono la presenza di idrofite. Il valore nutrizionale del sedimento è sostanzialmente legato alla comunità batterica presente in esso (Angeler *et al.* 2001). Un consumo così importante di detrito indica un significativo impatto sui cicli dei nutrienti e sulla qualità delle acque, fenomeno molto importante e meritevole di ulteriore attenzione ed approfondimento, in particolar modo nell'area di studio, ambiente relativamente isolato e di limitata estensione. Il consumo di materiale vegetale (semi, foglie, parti di piante, ecc.) supera il consumo di detrito nel mese di luglio 2006, in coincidenza con il massimo sviluppo delle macrofite acquatiche. Questo dato è molto interessante in quanto conferma (Savini, in preparazione) un effetto negativo sulla vegetazione acquatica della lancia, che rappresenta una componente strutturale di fondamentale importanza per mantenere condizioni di elevata biodiversità di questi ambienti umidi marginali.

Il ritrovamento durante tutto il periodo di studio di

una rilevante percentuale di componente animale nella dieta indica un tasso di predazione costante e significativo nei confronti di macroinvertebrati, pesci e anfibii. Nel presente lavoro non sono state rilevate differenze significative nella dieta di esemplari di taglia differente, contrariamente a quanto riportato in bibliografia (Correia 2003). La confidenza statistica nei risultati però non è elevata in quanto il campione utilizzato non è omogeneo. L'utilizzo di trappole a nassa non permette la cattura di esemplari di piccole dimensioni (< 5 cm Ltot). Per ottenere informazioni più dettagliate su questo aspetto, verranno effettuati prelievi utilizzando altri strumenti di cattura che permetteranno la raccolta di un campione uniforme.

Il presente lavoro dimostra come il tempestivo trasporto in laboratorio e l'immediato congelamento del gambero ancora vivo risultino egualmente efficaci nel preservare il dettaglio del contenuto stomacale contrariamente alle indicazioni metodologiche di Correia (2003) che, allo scopo di preservare inalterato il contenuto stomacale, inietta formalina al 4% nel cefalotorace degli esemplari catturati. Questa sostanza è caustica, di confermata attività cancero-

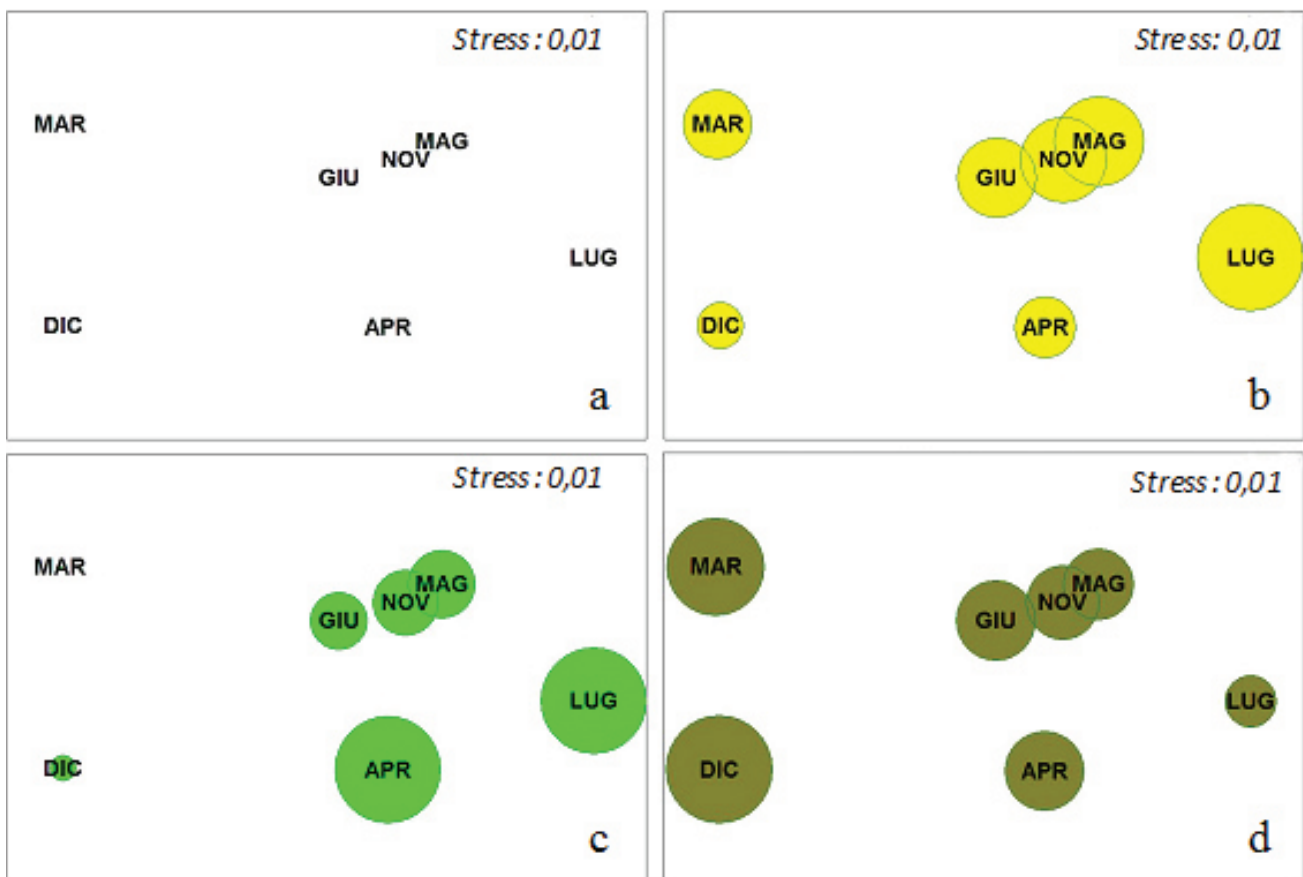


Fig. 2 - Mappa MDS (Multi-dimensional scaling). Il grafico riporta la similarità nella dieta di *P. clarkii* per i diversi mesi di osservazione. Le distanze sulla mappa sono direttamente proporzionali alla tipologia di contenuto stomacale: a) mappa generale; b) sovrapposizione dei valori di dieta animale (la superficie dei cerchi colorati è proporzionale al contenuto di cibo di origine animale); c) sovrapposizione dei valori di dieta vegetale; d) sovrapposizione dei valori di dieta a base di detrito. Il valore di stress (< 0,2) indica la significatività statistica della rappresentazione.

Fig. 2 - MDS map (Multi-dimensional scaling). The plot shows similarity in diet of *P. clarkii* amongst months of observation. Map distances are proportional to stomach content typologies: a) general plot; b) superimposition of animal diet values (bubble surface is proportional to the stomach content of typology "animal"); c) superimposition of vegetal diet values; d) superimposition of detritus diet values. Stress value (< 0,2) shows the statistical significance of the representation.

gena e deve inoltre essere rimossa in laboratorio tramite risciacquo con acqua corrente per 24 ore aumentando i tempi di analisi e il rischio per gli operatori.

In conclusione, lo studio conferma che *P. clarkii* si è ormai perfettamente acclimatato nell'ambiente di studio, dove esercita un forte impatto sulla rete trofica locale. In tempi brevissimi ha ottenuto un ruolo di specie "chiave" (*keystone species*), i.e., specie che, indipendentemente dai valori di abbondanza, è in grado di determinare tipologia e numero di componenti di una biocenosi. La presenza del gambero rosso della Louisiana in una delle poche riserve naturali a protezione integrale sul territorio nazionale conferma come gli effetti dell'introduzione di specie altamente invasive non possono essere mitigati solo mediante l'istituzione di confini e divieti di fruibilità, dimostrando quindi la necessità di attuare strategie nazionali adeguate per la gestione delle invasioni biologiche.

RINGRAZIAMENTI

Il presente contributo è stato realizzato grazie ai fondi messi a disposizione dal Ministero dell'Ambiente e del Territorio per lo studio della Riserva Naturale "Bosco Siro Negri" (responsabile scientifico: Prof. Francesco Sartori, Università di Pavia).

BIBLIOGRAFIA

- Angeler D.G., Sánchez-Carrillo S., García G. & Alvarez-Cobelas M., 2001 - The influence of *Procambarus clarkii* (Cambaridea, Decapoda) on water quality and sediment characteristics in a Spanish floodplain wetland. *Hydrobiologia*, 464: 89-98.
- Clarke K.R. & Warwick R.M., 1994 - *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, 144 pp.
- Conover W.J., 1999 - *Practical Nonparametric Statistics*. Wiley, New York, 596 pp.
- Correia A., 2003 - Food choice by the introduced crayfish *Procambarus clarkii*. *Ann. Zool. Fennici*, 40: 517-528.
- Geiger W., Alcorlo P., Baltanás A. & Montes C., 2005 - Impact of an introduced Crustacean on the trophic webs of Mediterranean wetlands. *Biol. Invasions*, 7: 49-73.
- Gherardi F., Baldaccini G.N., Barbaresi S., Ercolini P., De Luise G., Mazzoni D. & Mori M., 1999 - The situation in Italy. In Gherardi F., Holdich D.M. (eds) - *Crayfish in Europe as Alien species. How to make the best of a bad situation?*: Rotterdam: A.A. Balkema: 107-128.
- Gutiérrez-Yurrita P. & Montes C., 1999 - Bioenergetics and phenology of reproduction of the introduced red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in Doñana National Park, Spain, and implications for species management. *Freshwat. Biol.*, 42: 561-574.
- Hasburgo-Lorena A.S., 1986 - The status of the *Procambarus clarkii* population in Spain. *Freshwat. Crayfish*, 6: 131-136.
- Hobbs H.H., Jess J.P. & Huner J.V., 1989 - A review of global crayfish introductions with particular emphasis on two north American species (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, 56: 299-316.
- Paglianti A. & Gherardi F., 2004 - Combined effects of temperature and diet on growth and survival of young-of-year crayfish: a comparison between indigenous and invasive species. *J. Crust. Biol.* 24: 140-148.
- Renai B. & Gherardi F., 2004 - Predatory efficiency of crayfish: comparison between indigenous and non-indigenous species. *Biol. Invasions*, 6: 89-99.
- Savini D., 2007 - Rinvenimento della specie aliena invasiva *Procambarus clarkii* (Astacidea: Cambaridae) nella riserva naturale "Bosco Siro Negri" (Zerbolò- Pavia). *Studi Trent.Sci. Nat., Acta Biol.*, 83: 33-37.
- Wheatly M.G. & Ayers J., 1995 - Scaling of calcium, inorganic contents, and organic contents to body mass during the molting cycle of the fresh-water crayfish *Procambarus clarkii* (Girard). *J. Crust. Biol.*, 15(3): 409-417.

