



www.life-rarity.eu



DIDATTICA PER GLI OPERATORI

ERADICAZIONE DEL GAMBERO ROSSO DELLA LOUISIANA
E PROTEZIONE DEI GAMBERI DI FIUME DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

*ERADICATE INVASIVE LOUISIANA RED SWAMP AND PRESERVE
NATIVE WHITE CLAWED CRAYFISH IN FRIULI VENEZIA GIULIA*





Life10 Nat/It/000239



RARITY è un progetto europeo LIFE NATURA e **LIFE+** è lo strumento finanziario della Commissione Europea per la conservazione della natura. Dal 1992 ha co-finanziato 3.708 progetti per un totale di 2,8 miliardi di euro.



NATURA 2000 è il principale strumento della politica comunitaria per la tutela della natura e la conservazione della biodiversità. Si articola in una rete di aree protette istituite ai sensi delle Direttive CEE 92/43 *Habitat* e 79/409 *Uccelli*. Tali aree proteggono la natura e la biodiversità tenendo però conto degli equilibri associati alla presenza dell'uomo e alle tradizioni locali. I siti italiani ammontano al 20% circa del territorio nazionale.

LIFE is the European Commission financial instrument supporting environmental and nature conservation projects. Since 1992, it has co-financed some 3,708 projects, contributing approximately € 2.8 billions to the protection of the environment.

NATURA 2000 is the centrepiece of EU nature and biodiversity policy. It consists of a network of nature protection areas established under the 1979 and 1992 *Birds* and *Habitat* Directives. The aim of the network is to assure the long-term survival of Europe's most valuable and threatened species and habitats. Natura 2000 is not a system of strict nature reserves where all human activities are excluded. Whereas the network will certainly include nature reserves most of the land is likely to continue to be privately owned and the emphasis will be on ensuring that future management is sustainable, both ecologically and economically.



DIDATTICA PER GLI OPERATORI

ERADICAZIONE DEL GAMBERO ROSSO DELLA LOUISIANA
E PROTEZIONE DEI GAMBERI DI FIUME DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

*ERADICATE INVASIVE LOUISIANA RED SWAMP AND PRESERVE
NATIVE WHITE CLAWED CRAYFISH IN FRIULI VENEZIA GIULIA*

Ogni parte di questo opuscolo didattico può essere riprodotta o trasmessa in qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo purché ne siano citati l'autore o gli autori come di seguito suggerito:

Autore/i, Titolo, 2012. In: Didattica per gli operatori. Pubblicazione realizzata con il contributo finanziario della CE, nell'ambito del Progetto RARITY, LIFE10 NAT/IT/000239, editing testi Tiziano Scovacricchi, pp. 88.

Each part of this volume can be reproduced or diffused in any form and by any mean under the condition that author or authors should be cited according to the following indications:

Author/s, Title, 2012. In: Didattica per gli operatori. Published by the financial contribution of the EC within the RARITY project LIFE10 NAT/IT/000239, text editing Tiziano Scovacricchi, pp. 88.



DIDATTICA PER GLI OPERATORI

RARITY TEAM

Coordinator

- Ente Tutela Pesca del Friuli Venezia Giulia

Project manager

- Massimo Zanetti

Partners

- CNR-ISMAR (National Research Council, Institute of Marine Sciences, Venice)
- UNITS (University of Trieste, Department of Life Sciences)
- UNIFI (University of Florence, Department of Evolutionary Biology)
- IZSve (Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie)

External assistance

- Starter S.r.l.

Supporter

- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

HANDBOOK IMPLEMENTATION

Editorial and design project

- Alvis Rampini and Chiara Gaetani

Editorial coordination

- Tiziano Scovacricchi and Paolo Cè

Text editing

- Tiziano Scovacricchi

Cover and break photos

- Paolo Cè

Printing

- Lithostampa, Pasian di Prato (Udine)



Indice

- 7** Presentazioni
- 9** **Massimo Zanetti**
Il Progetto Rarity Life10 Nat/It/000239

The Life 10 Nat/It/000239 Rarity Project
- 15** **Tiziano Scovacricchi**
Specie e biodiversità. Specie native, endemiche, aliene, aliene invasive. Come riconoscere il gambero rosso della Louisiana. Impatti da IAS.

Species and biodiversity. Native, endemic, alien and invasive alien species. Identifying the Louisiana red swamp crayfish. IAS impacts.
- 27** **Francesco Acri & Daniele Cassin**
Bioaccumulo di inquinanti in *Procambarus clarkii*

Bioaccumulation of pollutants in *Procambarus clarkii*
- 31** **Tobia Pretto & Amedeo Manfrin**
Patologie dei gamberi d'acqua dolce nel contesto del Progetto Life+ Rarity

Crayfish pathology within the frame of Life+ Rarity Project
- 39** **Chiara Manfrin & Piero Giulianini**
Biologia dei gamberi di acqua dolce

Biology of crayfishes
- 49** **Alberto Pallavicini, Victoria Bertucci, Federica Piazza, Chiara Manfrin, Paolo Edomi & Piero Giulianini**
Conservazione della biodiversità genetica di *Austropotamobius pallipes* complex in Friuli Venezia Giulia

Conservation of genetic biodiversity of *Austropotamobius pallipes* complex in Friuli Venezia Giulia
- 55** **Laura Aquiloni**
I gamberi in Friuli Venezia Giulia: specie indigene e non-indigene, tecniche di monitoraggio e gestione

Crayfishes in Friuli Venezia Giulia: indigenous and non indigenous species, monitoring and management techniques
- 77** **Giorgio De Luise**
Protocolli di cattura, allevamento e ripopolamento del gambero di fiume nativo *Austropotamobius pallipes* in Friuli Venezia Giulia

Operational protocols for catching, farming and restocking the native crayfish species *Austropotamobius pallipes* in Friuli Venezia Giulia

Presentazione



L'attività di studio e monitoraggio dei gamberi d'acqua dolce non è nuova per l'ETP, che già in passato ha pubblicato diversi contributi sulle conoscenze delle popolazioni astacicole in regione.

Con il finanziamento del progetto Rarity, non solo questa attività riprende vigore, ma viene fortemente potenziato il ruolo di ETP quale ufficio regionale altamente specializzato nella raccolta di informazioni ambientali relative ai corsi d'acqua e alla fauna che li frequenta.

Rarity rappresenta un esclusivo tavolo di dialogo e confronto con altri Enti e istituzioni (CNR-ISMAR, UNITS, UNIFI e IZSve) che porterà ETP a consolidarsi, non solo nel ruolo di gestore della pesca sportiva, ma anche in quello di organizzazione efficiente per la ricerca e lo studio degli ecosistemi acquatici.

ETP ha una peculiarità indispensabile, che è rappresentata dalla presenza dei propri volontari, senza i quali questa operatività sarebbe impossibile.

È una realtà oramai rodada ma in continuo aggiornamento.

Nonostante l'alta professionalità sempre dimostrata dal personale dell'ETP, lo studio dei gamberi in forma strutturata ha richiesto, per la specializzazione degli argomenti e delle tecniche impiegate, una fase di attenta formazione, che è stata compiuta all'interno di Rarity, grazie alla partecipazione sinergica di tutto il partenariato di progetto.

Sono così organizzati appositi corsi formativi, che hanno consentito di coinvolgere circa 200 persone, sia nelle lezioni in aula che negli incontri sul campo.

Alle lezioni hanno preso parte anche alcuni dipendenti dell'ARPA e del CFR e volontari della Protezione civile, che hanno accolto l'invito a condividere attività progettuali che riguardano problemi complessi e di comune interesse.

I questionari di gradimento, sottoposti all'attenzione dei partecipanti, hanno consentito di rilevare vivo interesse ed entusiasmo per gli argomenti trattati e per la qualità dell'offerta formativa.

È quindi con l'obiettivo di non disperdere le conoscenze acquisite con tali corsi che è stata elaborata questa dispensa, che raccoglie i materiali didattici utilizzati dai docenti, rivisti in forma discorsiva e coordinati a formare un testo di facile consultazione.

Un ringraziamento va quindi ai docenti, che si sono adoperati per fare in modo che le loro lezioni potessero "prolungarsi nel tempo", ma soprattutto a chi ha partecipato attivamente ai corsi assicurando così che le operazioni di allevamento dei gamberi, di monitoraggio delle loro popolazioni, di cattura delle specie alloctone invasive possano realizzarsi regolarmente ed efficacemente.

Ing. Paolo Stefanelli
Direttore ETP



L'Ente Tutela Pesca del Friuli Venezia Giulia è capofila del progetto europeo Life RARITY per il contrasto alla diffusione del gambero rosso della Louisiana ed il rafforzamento delle popolazioni astacicole native in Regione. Il progetto si articola in molteplici azioni di tipo preparatorio e poi di monitoraggio, cattura, conservazione e disseminazione.

Tali azioni sono poste in essere in collaborazione con partner importanti e accreditati - quali l'Istituto di Scienze Marine (CNR, Venezia), le Università di Firenze e di Trieste, l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie - ma soprattutto grazie alla disponibilità, all'impegno e alla competenza del personale volontario dell'ente (guardie e collaboratori ittici).

Questo personale è stato preliminarmente addestrato da docenti delle citate istituzioni scientifiche, nonché dello stesso ETP e questa dispensa raccoglie gli appunti e i materiali didattici utilizzati durante la formazione in aula e sul campo.

Un nuovo tassello si aggiunge quindi al già diversificato mosaico di monografie, rapporti tecnici, lavori scientifici, opuscoli divulgativi e altri prodotti editoriali curati nel tempo da ETP.

Tutte queste pubblicazioni caratterizzano e qualificano il lavoro di un ente strumentale della Regione FVG, per molti versi unico e invidiato da altre realtà territoriali che ne sono invece prive.

È dunque motivo di orgoglio poter mettere a disposizione dei volontari ETP e di tutto il pubblico le importanti nozioni qui riassunte in una veste grafica facile e gradevole.

Loris Saldan
Presidente ETP



IL PROGETTO RARITY LIFE 10 NAT/IT/000239

THE LIFE 10 NAT/IT/000239 RARITY PROJECT

– Massimo Zanetti –

Ente tutela pesca del Friuli Venezia Giulia
Via Colugna, 3 - 33100 Udine
e-mail massimo.zanetti@regione.fvg.it

RIASSUNTO

In Friuli Venezia Giulia vivono gamberi d'acqua dolce tutelati dalla normativa comunitaria, nazionale e regionale. La loro conservazione è minacciata da diversi fattori tra i quali la recente introduzione della specie invasiva *Procambarus clarkii* (Gambero rosso della Louisiana). Il progetto RARITY (Life 10/NAT/IT/000239) vuole garantire la tutela dei gamberi autoctoni (*Austropotamobius pallipes* e *A. torrentium*) monitorandone e rafforzandone le popolazioni, contrastando la diffusione del gambero rosso, elaborando una normativa regionale ad hoc. Rarity è realizzato dall'Ente tutela pesca del FVG, capofila del progetto, con l'Istituto di scienze marine di Venezia, le Università di Trieste e Firenze, l'Istituto zooprofilattico sperimentale delle venezie. Le attività si svolgono in FVG nel triennio 2011-2014.

SUMMARY

The freshwater crayfish species living in Friuli Venezia Giulia are protected by european, national and regional laws. Their conservation is threatened by several factors, including the recent introduction of invasive species *Procambarus clarkii* (Louisiana red swamp crayfish). The project RARITY (Life 10/NAT/IT/000239) aims to ensure the protection of native crayfish species (*Austropotamobius pallipes* and *A. torrentium*) by monitoring and enhancing their populations, contrasting the expansion of *P. clarkii*, developing a specific regulation. Ente tutela pesca - project leader- carries out Rarity with the Marine Sciences Institute of Venice, the Universities of Trieste and Florence, the Istituto zooprofilattico sperimentale delle Venezie. The activities take place in Friuli Venezia Giulia in the period 2011-2014.

Da diversi anni l'Ente tutela pesca (ETP) e la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia conducono monitoraggi e studi sulle popolazioni di gamberi di fiume caratteristiche dei nostri corsi d'acqua (*Austropotamobius pallipes* e il ben più localizzato *A. torrentium*), secondo quanto previsto dalla Direttiva Habitat (92/43/CEE) e dalle norme statali di attuazione regionale per le specie tutelate (Figure 1 e 2).



Figura 1 Esempio di *Austropotamobius pallipes*.



Figura 2 Esempio di *Austropotamobius torrentium*.

Nel corso dell'ultimo monitoraggio su larga scala, condotto nel 2005, è stata rilevata la contrazione di alcune popolazioni di *A. pallipes* del Friuli Venezia Giulia. A partire dal 2007 sono state raccolte segnalazioni sulla presenza nel territorio regionale del gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*),

Foto Giorgio De Luise

specie alloctona invasiva che in diverse regioni italiane si è ampiamente diffusa provocando la scomparsa delle specie autoctone (Figura 4).

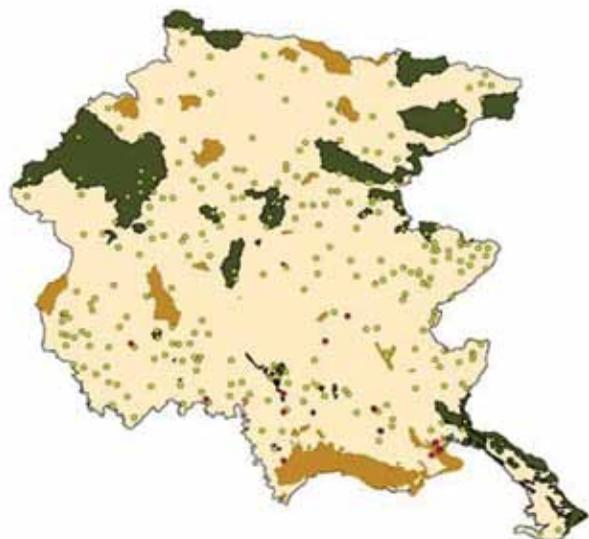


Figura 3 Distribuzione rilevata nel 2009 di *A. pallipes* (puntini gialli) e di *P. clarkii* (puntini rossi); segnalazioni non confermate di *P. clarkii* (puntini verdi).

Questa specie è responsabile della semplificazione degli ecosistemi che colonizza, ed è in grado di trasmettere patologie letali per altri organismi acquatici. Provoca inoltre dei veri e propri danni grazie alla continua attività di scavo che rende porosi le sponde e gli argini, con conseguenti infiltrazioni d'acqua e rischi di crollo. Inoltre, questo crostaceo è in grado di accumulare, in particolari circostanze, sostanze nocive all'uomo qualora quest'ultimo lo mangi. Il comportamento aggressivo e opportunistico unito all'alta prolificità e alla resistenza a determinate patologie ne fanno

una specie vincente nella competizione con le specie originarie dei nostri fiumi.

Nel 2009 ETP ha sviluppato, in collaborazione con Giorgio De Luise, uno studio preliminare per meglio comprendere la diffusione del gambero rosso, che è risultata più ampia del previsto (Figura 3).



Foto Silvano Devetti



Foto Silvano Devetti

Figura 4 Immagini relative alla prima segnalazione di *P. clarkii* in regione (27/09/2007).

Parallelamente, è stata avviata una collaborazione con la Protezione Civile del FVG, interessata al problema dei crolli delle arginature perlagunari.

È stata inoltre presentata una proposta di progetto nel bando per il cofinanziamento con il Programma comunitario Life+. Questo è uno strumento finanziario per l'attuazione di iniziative di salvaguardia ambientale e, nella categoria Natura e Biodiversità, per interventi concreti di conservazione all'interno di siti della Rete Natura 2000, istituita dalla richiamata Direttiva Habitat. Il Programma Life compie vent'anni nel 2012 (Figura 5), ed ha cofinanziato ben 7 progetti realizzati sul territorio regionale. La proposta è stata accolta e il progetto Rarity è stato finanziato.

Si tratta di una iniziativa a tutela delle biodiversità, che si realizzerà sul territorio regionale con particolare attenzione ad alcuni siti della Rete Natura 2000. Sono questi (SIC e ZPS) territori individuati in modo coordinato e coerente con gli



Figura 5 Nel 2012 il programma LIFE festeggia i suoi vent'anni di vita.

obiettivi di conservazione della natura promossi dalle direttive europee "Habitat" e "Uccelli".

Le finalità del progetto sono essenzialmente quelle di arrestare la diffusione del gambero rosso della Louisiana, di rafforzare le popolazioni di gamberi di fiume del FVG e di elaborare una normativa che consenta di gestire il problema della presenza di questa nuova specie (alloctona o aliena o esotica), estranea alla nostra fauna (autoctona o nativa).

Le attività si sviluppano in sinergia con un partenariato composto, dal CNR-Istituto di scienze marine ISMAR di Venezia, dal Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università di Trieste, dal Dipartimento di Biologia Evoluzionistica "Leo Pardi" dell'Università di Firenze e dall'Istituto zooprofilattico sperimentale delle venezie.

ETP, in qualità di beneficiario principale, è l'unico referente nei confronti della Commissione europea della piena attuazione tecnica del progetto nonché della sua corretta gestione amministrativa e finanziaria.

Rarity ha un valore di oltre 2.600.000 euro e si realizzerà nel territorio del Friuli Venezia Giulia nel triennio compreso tra il 1 settembre 2011 e il 31 agosto 2014.

Le attività programmate si articolano in:

- Azioni preliminari (A)
- Azioni concrete (C)
- Azioni di divulgazione (D)
- Azioni di gestione e monitoraggio (E)

Di seguito si propone una carrellata delle attività previste in ogni singola azione, demandando ad altra sede gli eventuali approfondimenti di dettaglio. Tra parentesi l'indicazione del partner responsabile dell'esecuzione delle specifiche attività.

Azione A1. Gestione degli impatti negativi in rapporto con la presenza di specie invasive di gamberi di fiume e individuazione delle loro vie di ingresso (UNIFI).

Nell'ambito di questa azione saranno sviluppate indagini telefoniche, interviste e ricerche bibliografiche per comprendere le modalità con cui il gambero rosso è arrivato sul territorio del Friuli Venezia Giulia.

Azione A2. Messa a punto di metodi e procedure di contrasto della diffusione del gambero rosso (UNITS-UNIFI).

Rappresenta la fase più strettamente sperimentale del progetto e si prefigge di testare e mettere a punto metodi e protocolli per la riduzione della prolificità di *P. clarkii* attraverso la sterilizzazione di maschi sottoposti a radiazioni ionizzanti o attraverso la somministrazione di ormoni gonado-inibitori. Verrà anche testata l'efficacia del rilascio di predatori naturali, in particolare dell'anguilla. Infine, per la cattura degli esemplari si cercherà di mettere a punto esche feromonalmente specie-specifiche altamente efficaci.

Azione A3. Formazione del personale ETP (ETP).

L'Ente tutela pesca può contare sulla disponibilità di circa 300 volontari che, in modo impareggiabile, ne garantiscono l'operatività. Nonostante la loro elevata specializzazione, lo specifico argomento ha richiesto l'avvio di corsi di formazione *ad hoc* organizzati per moduli e ripetuti più volte fino a raggiungere il numero previsto di persone formate, ora in grado di intervenire sia nelle operazioni di allevamento di *A. pallipes*, che in quelle di cattura di *P. clarkii*, nonché nelle attività di monitoraggio delle popolazioni di entrambe le specie (Figura 6).



Figura 6 Formazione del personale ETP.

Azione C. 1 Riproduzione e ripopolamento (ETP). In due impianti dell'ETP siti ad Amaro (UD) e a San Vito al Tagliamento (PN) saranno allevati e riprodotti esemplari di *A. pallipes* con l'obiettivo di produrre circa 30.000 giovani gamberi per ripopolare le acque regionali e prioritariamente quelle ricadenti in alcuni Siti delle Rete Natura 2000 (Risorgive del Vinchiaruzzo, Risorgive dello Stella, Anse dello Stella, Foce Isonzo-Isola della Cona, Cavana di Monfalcone), previa verifica della fattibilità dell'intervento di *restocking*. Utilizzare due allevamenti consente di ridurre il rischio di insuccesso per avversità che possono colpire questi impianti (Figura 7).



Figura 7 Gli impianti ETP di Amaro (sopra) e di San Vito al Tagliamento (sotto).

Azione C2. Catture del gambero rosso (ETP). Per contrastare la diffusione del gambero rosso (o gambero killer, come viene anche chiamato) sono previste catture massive della specie mediante l'utilizzo di nasse. A queste operazioni provvederanno i volontari ETP che dispongono di mezzi adeguati e di una efficiente organizzazione (Figura 8). Gli interventi si prefiggono di mantenere bassa la densità delle popolazioni e, in abbinamento ad altre tecniche di sterilizzazione dei riproduttori e di incremento della predazione naturale, di eradicare la specie dai siti di nuova colonizzazione. Tutti gli



Figura 8 Personale volontario ETP impegnato in operazioni di cattura di *P. clarkii*.

individui catturati verranno destinati alle analisi genetiche e sanitarie ed in seguito distrutti per incenerimento.

Azione C3. Analisi sanitarie (IZSVE). Il progetto si prefigge anche di indagare lo stato di salute delle diverse popolazioni selvatiche di *A. pallipes* e di studiare il ruolo di *P. clarkii* nella trasmissione di patologie ad altri organismi acquatici.

Azione C4. Sviluppo di normative regionali (ETP). Per consentire di consolidare, rafforzare e mantenere i risultati di progetto, Rarity si prefigge di sviluppare una normativa regionale che, partendo da un'analisi comparata delle normative europea, nazionale e regionali relative alle specie alloctone invasive, promuova una gestione consapevole della problematica e disciplini in modo condiviso le attività di detenzione, cattura e commercializzazione dei gamberi in FVG.

Azione D1. Comunicazione tecnica verso categorie "sensibili" (CNR-ISMAR). Sono in programma numerose iniziative di disseminazione che prevedono l'organizzazione di incontri tematici destinati a pescatori, allevatori, commercianti, guardie forestali e altre categorie di persone che si ritiene utile sensibilizzare sui temi del progetto. È prevista la realizzazione di un manuale per le Pubbliche amministrazioni (Comuni, Protezione civile, Consorzi di bonifica, ecc ...) che si dovessero trovare ad affrontare i problemi generati dalla presenza del gambero rosso. Saranno organizzati seminari

specifici per chi si occupa della vigilanza ambientale. Gli esiti delle indagini sanitarie saranno oggetto di comunicazioni specifiche. Inoltre lo stato di avanzamento del progetto sarà comunicato periodicamente attraverso una newsletter, il cui invio avviene tramite posta elettronica a quanti si iscriveranno tramite il sito internet del progetto.

Azione D2. Comunicazione verso il pubblico generico (CNR-ISMAR). Tutte le notizie ed i materiali relativi al progetto sono pubblicati sul sito web Rarity (www.life-rarity.eu), e liberamente consultabili e scaricabili.

Per supportare iniziative di divulgazione saranno realizzati appositi materiali informativi (banners, brochures, cartelline, ecc...), e presso le sedi ETP e le stazioni di monitoraggio sarà affissa una specifica cartellonistica illustrativa.

Sono anche in programma un filmato in formato DVD, della durata di circa 20 minuti, e una pubblicazione riassuntiva finale da distribuire nel corso del convegno di chiusura del progetto. L'Acquario delle specie di acqua dolce dell'Ente tutela pesca, in Ariis di Rivignano (Udine), ospiterà numerose iniziative, quali mostre o percorsi didattici per famiglie, scuole e docenti. L'ETP provvederà inoltre a dare informazioni sul progetto in ogni numero del proprio notiziario (Pesca e Ambiente).

Azione D3. Programma di divulgazione dopo Rarity (ETP).

Le attività di divulgazione dovranno continuare per un quinquennio dopo il termine del progetto e si realizzeranno secondo uno specifico programma.

Azione E1. Gestione del progetto e audit (ETP). L'Ente tutela pesca, in qualità di beneficiario principale, è tenuto a predisporre periodici rapporti tecnico-amministrativi da inviare alla Commissione europea, nonché a monitorare lo stato della spesa. La congruità delle spese sostenute sarà poi attestata da un revisore esterno.

Azione E2. Piano di conservazione dopo il progetto (ETP). Il cofinanziamento del programma Life vincola i beneficiari a mantenere attive le iniziative di conservazione realizzate con i fondi ricevuti per almeno un quinquennio dopo la fine del progetto, secondo uno specifico piano che andrà predisposto.

Azione E3. Collegamento con altri progetti (ETP). In Italia e in Europa sono stati realizzati altri progetti relativi a tematiche in parte simili a quelle affrontate da Rarity. Saranno quindi sviluppati scambi di esperienze con tali progetti, attraverso visite e incontri.

Azione E4. Monitoraggio (ETP, UNIFI). Una delle azioni più impegnative per ETP è decisamente questa, che comporta un costante monitoraggio delle popolazioni astacicole in ben 216 stazioni. In tali punti saranno anche indagate le condizioni ambientali mediante il rilievo di parametri chimico-fisici dell'acqua e il calcolo degli indici IBE e IFF. Delle attività di monitoraggio saranno predisposte specifiche relazioni periodiche. Anche in questo caso l'operatività di ETP sarà garantita dal personale volontario dell'Ente.

Tutte le attività descritte si realizzeranno secondo un ben determinato crono-programma che scandisce i tempi di ogni azione.

Poiché le attività descritte si realizzeranno per lo più, se non esclusivamente, sul territorio regionale, il personale afferente ad ETP ha un ruolo rilevante sia nella comunicazione e divulgazione delle tematiche di progetto, sia per la raccolta di feedback dall'utenza e dalla popolazione.

Particolare impegno è richiesto ai volontari ETP, la cui professionalità, preparazione e disponibilità rappresentano una delle chiavi di volta del progetto.



SPECIE E BIODIVERSITÀ. SPECIE NATIVE, ENDEMICHE, ALIENE, ALIENE INVASIVE. COME RICONOSCERE IL GAMBERO ROSSO DELLA LOUISIANA. IMPATTI DA IAS.

SPECIES AND BIODIVERSITY. NATIVE, ENDEMIC, ALIEN AND INVASIVE ALIEN SPECIES. IDENTIFYING THE LOUISIANA RED SWAMP CRAYFISH. IAS IMPACTS.

– Tiziano Scovacricchi –

CNR-ISMAR (Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine)
Castello, 2737/F (Arsenale – Tesa 104) - 30122 Venezia, Italia
email tiziano.scovacricchi@ismar.cnr.it

RIASSUNTO

Il presente lavoro riporta una scheda per il riconoscimento del gambero rosso della Louisiana, e tratta brevemente i concetti di specie e di biodiversità. Prende inoltre in considerazione le problematiche relative all'introduzione e alla diffusione di specie non-native. Partendo dalle definizioni e dalla terminologia inerenti l'argomento fornisce esempi di impatto ambientale ed economico associati alla comparsa di specie aliene e di specie aliene invasive (IAS, *Invasive Alien Species*), nonché dati sulla natura e l'entità monetaria dei danni da queste provocati.

SUMMARY

The present paper includes a card for the identification of the Louisiana red swamp crayfish and briefly deals with the concepts of species and biodiversity. Furthermore, it considers the problems related to the introduction and diffusion of non-native species. The definitions and terminology used for this subject are discussed, and examples of environmental and economic impacts due to alien species and to invasive alien species (IAS) are provided. Data about the nature and the assessment of damages associated to IAS impacts are also given and examined.

CLASSIFICAZIONE E TASSONOMIA

L'esperienza e la conoscenza umane passano attraverso la classificazione di oggetti animati e inanimati, entità, idee, nozioni. Il classificare è parte integrante della vita umana. I processi di apprendimento hanno bisogno, fin dall'infanzia, di dare un nome a cose, persone e concetti, classificandoli per poterli ordinare, conoscere, comprendere. La classificazione organizza le entità di un determinato campo di conoscenze come fossero pagine di informazioni scritte, sistemandole entro raccoglitori che a seconda del contesto considerato possono essere categorie tassonomiche animali o vegetali, sezioni, materie, classi ... e così via. Conoscenza e classificazione vanno in qualche modo a braccetto e non possono fare a meno l'una dell'altra.

La parola "tassonomia" prende origine dai termini greci *taxis*, ordinamento, e *nomos*, legge. Essa fa riferimento in genere alla forma di classificazione che definisce le regole e i criteri di ordinamento degli esseri viventi. In ambito scientifico (botanica e zoologia) rende possibili il riconoscimento e l'identificazione degli organismi attraverso la loro collocazione entro un sistema di raccoglitori detti *taxa* (*taxon* al singolare), sistemati gerarchicamente per raggruppamenti a similarità crescente, dal "Regno" al "Phylum", dalla "Classe" al "Genere", fino alla "Specie", sorta di nome e cognome che identifica univocamente ogni essere vivente.

È interessante notare come spesso i nomi scientifici individuino negli ecosistemi naturali lo stesso numero e lo stesso tipo di specie alle quali l'esperienza e la tradizione popolare hanno da tempo memorabile attribuito un nome volgare. Il gambero di fiume *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, 1858, appartiene alle categorie tassonomiche di cui alla Figura 1.

Esso viene inoltre identificato come specie univoca con il nome scientifico di *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, 1858 (Figura 2).

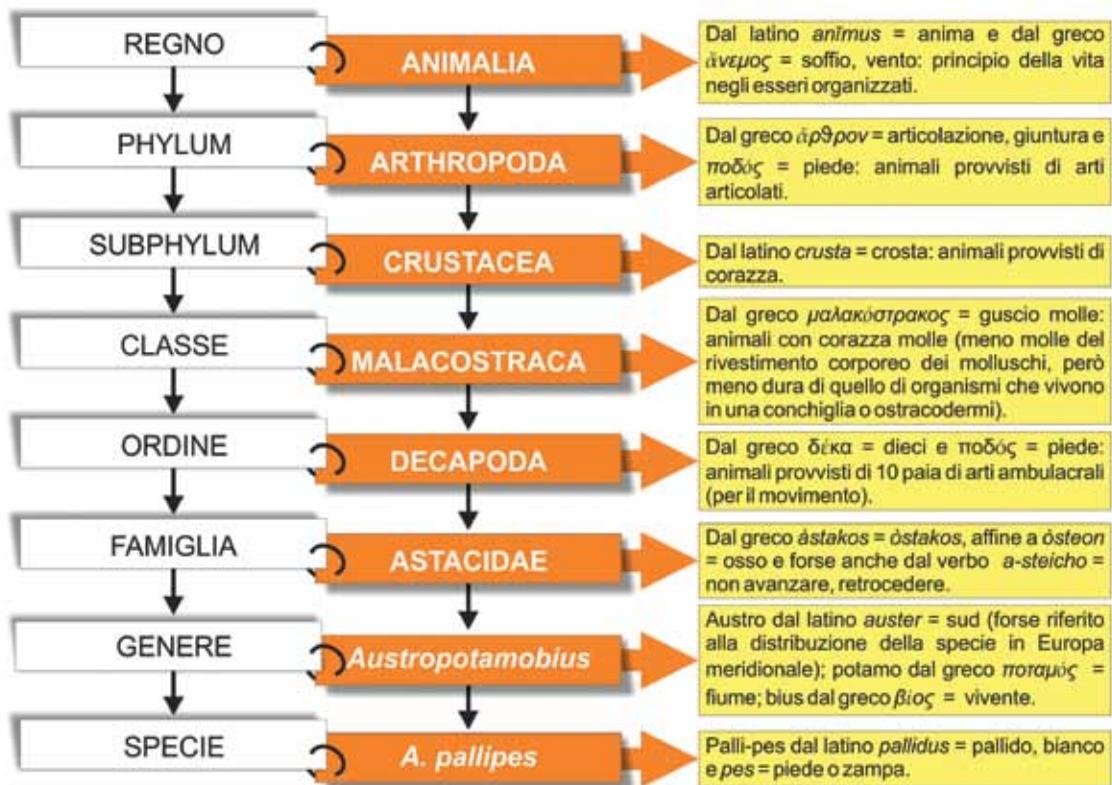


Figura 1 Esempio di classificazione tassonomica: il gambero di fiume *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, 1858. A sinistra è indicato il raggruppamento tassonomico, a destra il nome specifico del *taxon* corrispondente.

Example of tassonomic classification of the river crayfish *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, 1858. On the left the tassonomic group, on the right the corresponding name of the *taxon*.



Figura 2 Esempio di classificazione tassonomica: *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, 1858, noto con i nomi comuni di "gambero di fiume" e di "gambero dalle zampe bianche".

Example of tassonomic classification: *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, 1858, know with the common names of "white-clawed crayfish", "white-footed crayfish", "Atlantic stream crayfish" and "river crayfish".

IL CONCETTO DI SPECIE

La specie è dunque un insieme di individui con caratteri simili, che ne permettono la distinzione da altri appartenenti allo stesso genere. Il termine "specie" (usato tal quale sia al singolare che al plurale) deriva dal latino *species-ei*, che significa "la figura esterna visibile", "aspetto", "apparenza". In biologia la specie è definita come il complesso di individui che condividono la stessa informazione genetica, interfecondi, capaci di dare origine ad una prole a sua volta feconda. Qualora due specie differenti si accoppiassero, darebbero dunque vita ad un ibrido sterile. Ci forniscono un esempio in tal senso il cavallo e l'asino, due specie che accoppiandosi originano un ibrido sterile, il mulo o il bardotto (Figura 3).

D'altra parte, se quanto detto è importante in linea di principio perché aiuta a comprendere come la specie sia un aggregato di individui geneticamente affini, bisogna anche dire che non sempre due specie distinte, incrociandosi fra loro, danno vita ad una prole sterile.

In realtà, la specie può essere definita in base a criteri differenti, che vanno da quello morfologico a quello genetico-molecolare, e il livello di sofisticazione dell'indagine può condurre a conclusioni diverse.

Può darsi il caso di specie cosiddette "gemelle", o "criptiche", del tutto simili morfologicamente, ma isolate riproduttivamente. Queste specie possono essere riconosciute e distinte soltanto sulla base di analisi genetiche e/o biochimiche (eventualmente suffragate da analisi ecologiche, comportamentali, ecc...).

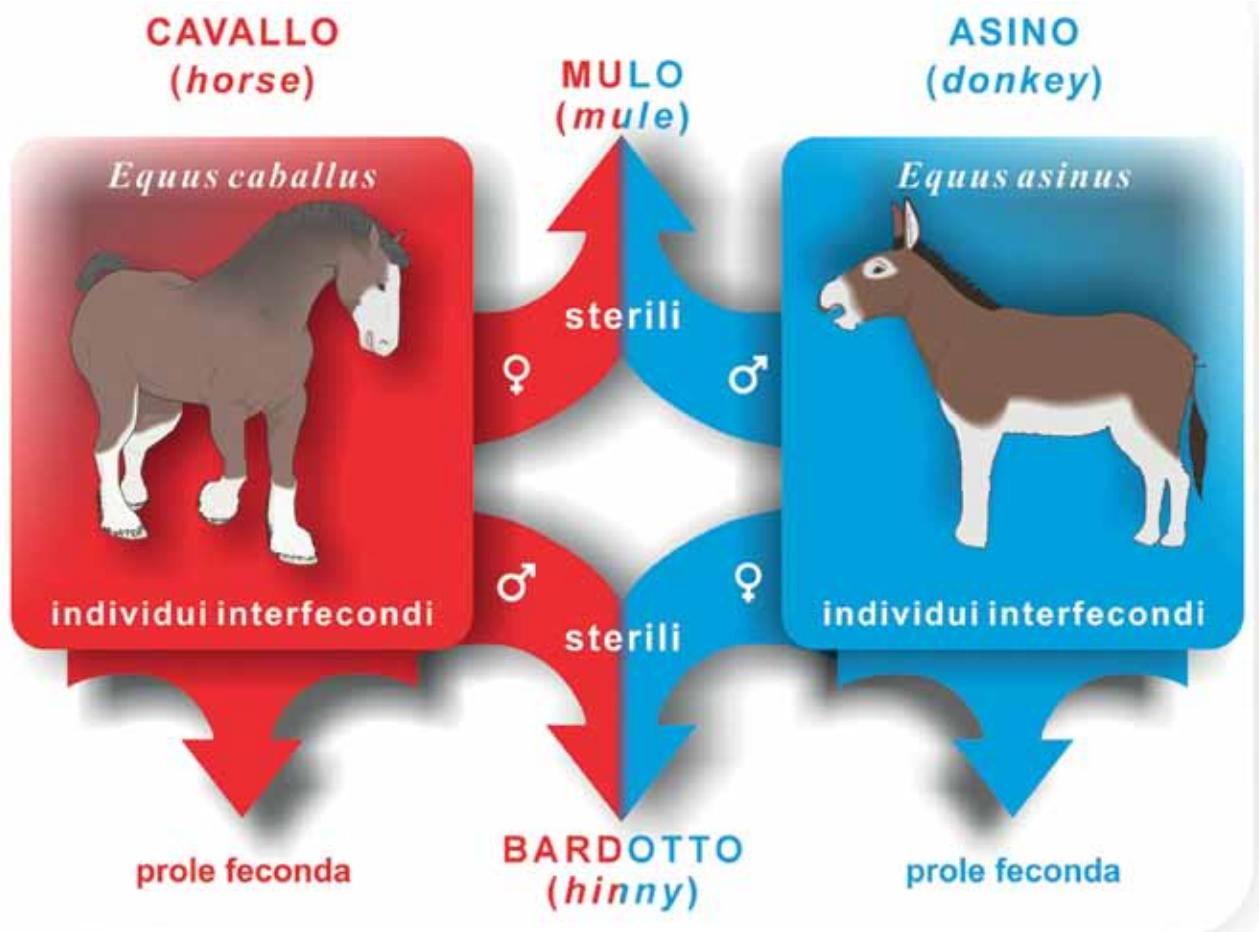


Figura 3 La specie è un complesso di individui che condividono la stessa informazione genetica, interfecondi, capaci di dare origine ad una prole a sua volta feconda. È il caso del cavallo (*Equus caballus*) e dell'asino (*Equus asinus*). Se tuttavia queste due specie vengono incrociate tra loro danno vita al mulo e al bardotto, che sono invece sterili e non possono dunque essere considerati specie.

The species is a complex of individuals sharing the same genetic information, which can interbreed and produce fertile offspring. This applies for example to the horse (*Equus caballus*) and to the donkey (*Equus asinus*). However, when these two species interbreed they produce the mule and the hinny, which are sterile and cannot be considered species.

L'affermarsi e il diffondersi di strumenti e procedure di analisi genetica e biomolecolare ha portato negli anni recenti a significative novità nel campo della conoscenza e dell'identificazione delle specie.

Un esempio viene direttamente dal gambero di fiume, e in particolare dal genere *Austropotamobius*. Questo comprende infatti due specie: *A. torrentium* e *A. pallipes*. Tuttavia, secondo numerosi autori, *A. pallipes* non sarebbe un'unica specie ma piuttosto un complesso di specie e sottospecie, indicato appunto col nome di *Austropotamobius pallipes complex* (Figura 4).

Già dalle prime analisi genetiche condotte nell'ambito di Rarity su differenti popolazioni di gambero di fiume nativo in Friuli Venezia Giulia, la nomenclatura riferita al complesso *A. pallipes* appare imprecisa e obsoleta, ponendo in evidenza la necessità di una rivisitazione.

Il riconoscimento delle specie riveste grande importanza in rapporto con le azioni finalizzate alla conservazione della biodiversità. Barriere fisiche e geografiche isolano ad esempio dal punto di vista riproduttivo le popolazioni, che a loro volta si adattano alle specificità dell'ambiente naturale. A

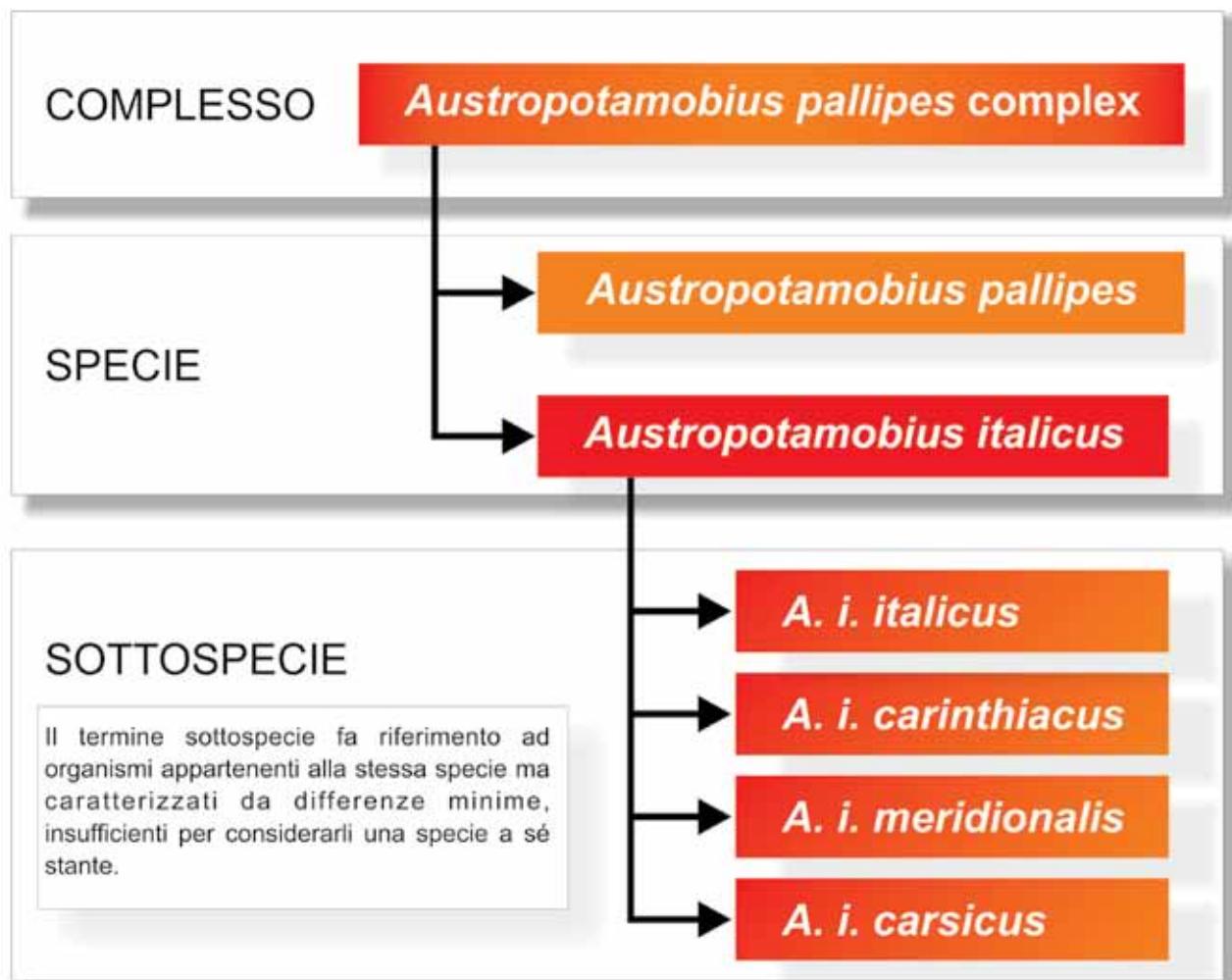


Figura 4 Alcuni autori considerano *Austropotamobius pallipes* non una specie unica ma un complesso di specie - *Austropotamobius pallipes complex* - composto da due specie geneticamente distinte: *A. pallipes* e *A. italicus*. Quest'ultima sarebbe a sua volta rappresentata da quattro sottospecie. In realtà il quadro è ancora in via di definizione e Rarity, attraverso il fondamentale contributo dei genetisti dell'Università di Trieste, contribuirà a fare chiarezza sull'argomento.

Some authors consider *Austropotamobius pallipes* not as a single species but as an aggregate of species and subspecies - *Austropotamobius pallipes complex* - consisting of two species genetically distinct: *A. pallipes* and *A. italicus*. The latter would be represented by four subspecies. Actually, the full picture is still under definition and Rarity, throughout the fundamental contribution of geneticists from the University of Trieste will contribute to clarify the whole issue.

tale adattamento corrisponde un patrimonio genetico unico, che dev'essere identificato e salvaguardato in modo debito.

BIODIVERSITÀ

La biodiversità è la varietà delle forme animali e vegetali che popolano gli ecosistemi. Ma non solo. Essa include infatti ogni possibile manifestazione di variabilità biologica: dalla diversità di specie a quella genetica, a quella degli ecosistemi (e quindi anche degli habitat e delle loro nicchie ecologiche). È quindi biodiversità anche la variabilità genetica all'interno di una specie. La sopravvivenza e il successo evolutivo di quest'ultima dipendono infatti dalla varietà delle popolazioni che la compongono: ad una minor variabilità corrispondono minori possibilità di sopravvivenza.

La perdita di biodiversità può avere conseguenze negative sotto molti aspetti. Un esempio significativo in tal senso ci viene dalla rane del genere *Rheobatrachus*, scoperte negli anni '80 nelle foreste pluviali australiane. Un libro sulla sostenibilità della vita (Chivian & Bernstein, 2008) racconta che prima della loro recente estinzione le femmine di questi anfibii incubavano i piccoli nello stomaco senza tuttavia digerirli. Studi preliminari avevano indicato la capacità dei piccoli di produrre sostanze che inibivano la secrezione di enzimi e acidi gastrici da parte della madre e lo svuotamento dei contenuti stomacali nell'intestino per tutta la durata dello sviluppo. Nel libro si sottolinea come le ricerche su queste rane avrebbero probabilmente condotto a risultati di enorme importanza per la cura dell'ulcera peptica nell'uomo, che soltanto negli Stati Uniti affligge 25 milioni di persone.

La biodiversità sta purtroppo diminuendo a ritmi allarmanti con pesanti ricadute negative sui piani etico ed estetico, biologico, ricreativo, culturale, socio-economico.

La salute e la qualità della vita umana dipendono in larga misura dalla salute, dalla vitalità, dalla ricchezza della diversità biologica degli ambienti naturali e degli organismi che li abitano.

SPECIE NATIVE, ENDEMICHE, ALIENE

Specie nativa (indigena, autoctona) è la specie evolutasi entro un determinato territorio (o in questo immigrata autonomamente da lungo tempo), nel quale è presente con popolazioni capaci di auto-sostenersi (Figura 5).

Specie endemica è quella esclusiva di un determinato territorio (più o meno vasto, da una piccola isola fino a un intero continente). La salamandra pezzata (*Salamandra salamandra*), ad esempio, è specie nativa in Italia ma non endemica poiché si può trovare anche altrove, mentre la cosiddetta "salamandrina

dagli occhiali" (*Salamandrina terdigitata*) è nativa ed endemica in Italia perché vive esclusivamente qui.

Specie aliena (esotica, non-nativa, non-indigena, alloctona) è invece la specie introdotta, intenzionalmente o meno dall'uomo, in una regione diversa da quella della sua distribuzione naturale (Figura 5).



Figura 5 Uno dei tanti possibili esempi di specie nativa e di specie aliena presenti nelle acque dolci italiane: il luccio, *Esox lucius*, indigeno (foto in alto) e il persico trota, *Micropterus salmoides*, non-indigeno (foto in basso).

One of the several possible examples of native and alien species inhabiting the Italian freshwaters: the pike, *Esox lucius*, indigenous (above), and the large mouth bass, *Micropterus salmoides*, non-indigenous (below).

SPECIE ALIENE ACCLIMATATE, NATURALIZZATE, INVASIVE (IAS)

Una specie aliena può essere acclimatata (casuale, non-stabilizzata) se in un dato territorio si riproduce occasionalmente, al di fuori del contesto - ambiente di allevamento o cattività - nel quale è solitamente presente. Tuttavia, pur riproducendosi non è in grado di dar vita a popolazioni capaci di auto-sostenersi senza l'intervento dell'uomo.

IL GAMBERO ROSSO comportamento & impatti



COMPORTEMENTO

È **AGGRESSIVO**, sorpreso a terra non fugge (al contrario dei gamberi nativi) ed esibisce posture voraciose sollevando le chelae. Compete voracemente per il cibo con altri organismi, danneggiando le popolazioni di varie specie.



DIFFUSIONE & SALUTE

La **DIFFUSIONE** del gambero rosso è rapida ed efficiente, grazie alle sue doti di predatore, al comportamento aggressivo, agli elevati tassi riproduttivi. Rappresenta una pesante minaccia per la sopravvivenza dei gamberi nativi. Assai più competitivo delle specie indigene, è vettore dell'**afanomicosi** (malattia letale per i gamberi nostrani) e di diversi parassiti.

La capacità, infine, di accumulare asintomaticamente fitotossine nocive per la salute umana ne complica la gestione legata alla pesca e alla commercializzazione.



DANNI

SCAVA tane profonde lungo le sponde degli argini: i **FORI** di accesso hanno diametri da 1.5 a 3.0 cm e si trovano in genere a pelo d'acqua o poco sotto la superficie. Spesso sono visibili uscite secondarie a distanza dall'argine, sulla terra ferma, simili a quelle delle comuni tane di talpa. I fori rendono gli argini porosi e producono **INFILTRAZIONI** d'acqua e a volte perfino **CEDIMENTI STRUTTURALI** con conseguenti costi economici.



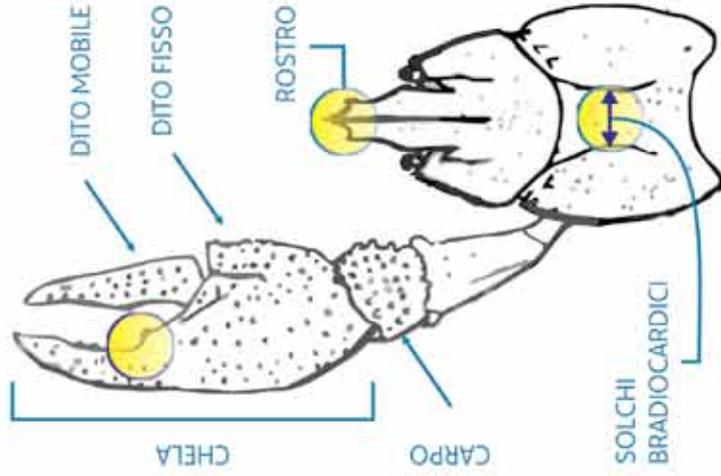
SCHEDA PER IL RICONOSCIMENTO DEL GAMBERO ROSSO DELLA LOUISIANA



www.life-rarity.eu



LA SPECIE NATIVA *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, 1858



RICONOSCIMENTO

CHELA tozza, a superficie granulosa, margine interno del dito fisso con evidente scalino

CARPO privo di spine

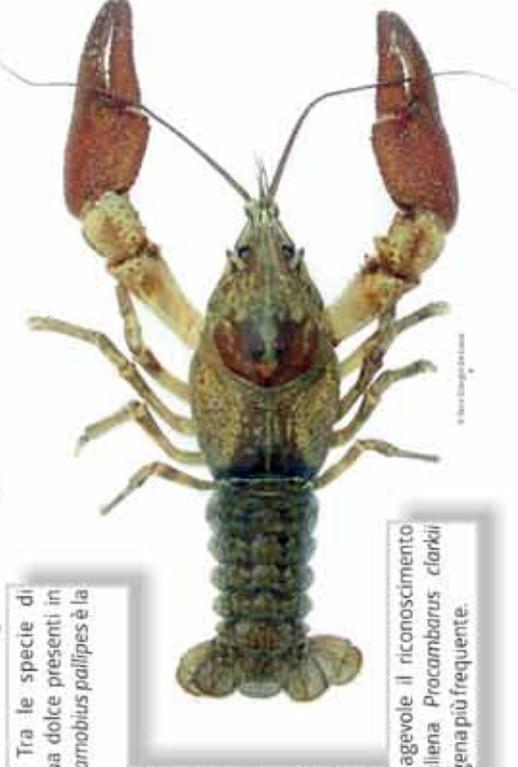
ROSTRO provvisto di cresta mediana

SOLCHI BRADIOCARDICI paralleli e distanziati

COLORAZIONE da brunastra a verdastra, più chiara ventralmente

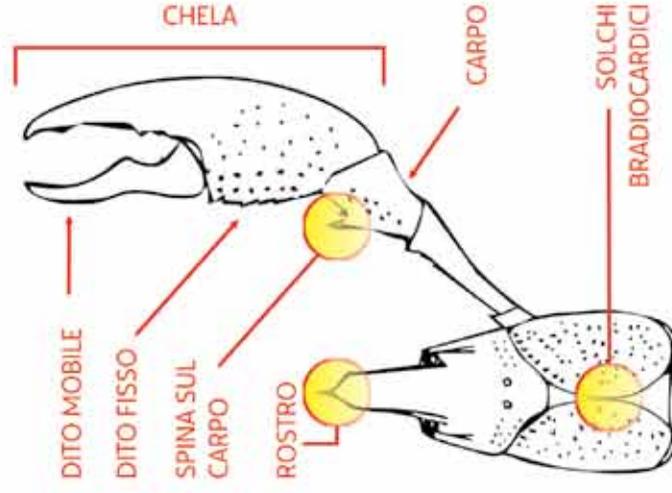
NOTA BENE Tra le specie di gamberi d'acqua dolce presenti in FVC, *Austropotamobius pallipes* è la più frequente.

La presente scheda, tuttavia, non considera altre specie native (A. torrentium, A. astacus e Astacus), ma vuole solo rendere chiaro e agevole il riconoscimento della specie aliena *Procambarus clarkii* rispetto all'indigena più frequente.



© Steve Delaney/istock.com

LA SPECIE ALIENA *Procambarus clarkii* Girard, 1852



RICONOSCIMENTO

CHELA sviluppata e rugosa, margini interni del dito fisso e di quello mobile curvi e con denti

CARPO provvisto di spina (assente nelle specie native)

ROSTRO del tutto privo di cresta mediana

SOLCHI BRADIOCARDICI uniti lungo la linea mediana (distanziati nella specie nativa)

COLORAZIONE tonalità del rosso a volte accompagnate da note bluastre negli adulti, toni del grigio nelle forme giovanili



© Steve Delaney/istock.com

Viene considerata invece naturalizzata (stabilizzata) quando vive libera nell'ambiente con popolazioni che si auto-sostengono.

Una specie aliena naturalizzata è considerata infine invasiva quando la sua introduzione, o la sua diffusione, rappresentano una concreta minaccia per la biodiversità.

Gli autori anglosassoni indicano spesso le specie aliene invasive con l'acronimo IAS (Invasive Alien Species).

TERMINOLOGIA

Da un punto di vista terminologico le definizioni appena date non appaiono sempre chiare e univoche.

Ad esempio, il termine alloctono, e il suo antonimo autoctono, spesso utilizzati in Italia con riferimento a specie animali e vegetali rispettivamente aliene e native, sono in generale poco usati dagli autori anglosassoni.

La parola alloctono, coniata da un geologo tedesco verso la fine del diciannovesimo secolo, è stata inizialmente adoperata come descrittore di formazioni o ritrovamenti rocciosi. In seguito, limnologi e biologi marini l'hanno utilizzata parlando di sedimenti contenenti o meno materiali biologici. Il dizionario parla di materiali (alloctoni) che hanno avuto origine in una posizione diversa dall'attuale (per esempio, vegetali presenti in un deposito sedimentario lacustre che non sono cresciuti in quel luogo ma vi sono stati trasportati in seguito a processi di natura geologica). Per estensione il termine alloctono può essere applicato alle specie, e i processi di movimentazione possono essere in questo caso naturali (per esempio, trasporto del plancton associato alle correnti oceaniche) o non naturali (per esempio, pesci o altre specie introdotti dall'uomo). Si tratta però di una forzatura del significato originario, per quanto molti biologi e ittiologi ne facciano ampio uso. E se questo uso del termine, altamente modificato, viene accettato, è chiaro che le specie possono provenire da qualsiasi luogo entro i confini del loro areale geografico, o storico, o paleontologico, o da un altrove al di fuori di questi stessi confini. In quest'ultimo caso esse possono essere ascritte alla categoria delle specie aliene, il che non significa che queste siano necessariamente invasive, che cioè debbano avere effetti ecologici negativi nel nuovo contesto geografico. Possono in effetti risultare anche innocue, o non-invasive, e perfino avvicinarsi ai limiti letali per la sopravvivenza del *taxon*.

In breve, l'espressione "specie aliena invasiva", o il suo acronimo anglosassone "IAS", è generalmente valida e utile, ma richiederebbe probabilmente una definizione più accurata in alcuni contesti scientifici (Gordon McGregor Reid, IUCN/WI Freshwater Fish, 2010; comunicazione personale).

Altri autori sostengono che l'espressione "specie invasiva" sia populistica e poco scientifica. Di che tipo di invasione si tratterebbe, se gli animali, il più delle volte, sono introdotti in nuovi areali in gabbie o contenitori?! E perché mai dovremmo

definire le specie "aliene"? Non provengono dallo stesso pianeta delle specie autoctone?! (Susanne Homma, www.kanadagans.de, 2010; comunicazione personale).

Occhipinti-Ambrogi & Galil (2004) hanno preso in esame i termini utilizzati per descrivere lo spostamento di specie, rilevando diversi problemi terminologici e proponendo un set di definizioni chiare e brevi ad uso di studenti, ricercatori, istituzioni e soggetti politici coinvolti nelle problematiche dell'invasione di specie in ambiente marino.

Allo scopo di acquisire un consenso il più possibile vasto sull'uso di termini condivisi da parte dei biologi che si occupano della materia, Pýsek ed altri (2009) si sono preoccupati di rivedere la terminologia che descrive l'origine e lo stato delle specie aliene, la loro presenza, l'invasibilità degli ecosistemi, i modi e le vie di introduzione.

ALCUNI ESEMPI

La rivista americana TIME, nel numero del 2 febbraio 2010, riporta un articolo sulle "Top ten invasive species", citando tra gli altri due *taxa* di pesci che rappresentano esempi particolarmente edificanti in materia di IAS.

Il primo è rappresentato dalla cosiddetta carpa asiatica (*Hypophthalmic molitrix*). Negli anni '70 gli allevatori di pesce gatto del sud degli Stati Uniti usavano questa carpa per rimuovere i materiali vegetali dalle vasche di allevamento. Nel corso dei decenni, a causa di esondazioni e di fuoruscite d'acqua e animali dai *ponds* di coltura, la carpa asiatica è finita nel bacino del Mississippi. Si tratta di un animale che può raggiungere i 45kg di peso e 1.2m di lunghezza, capace di grandi balzi fuori dall'acqua, compiuti spesso in gruppi numerosi, che hanno causato traumi e ferite a pescatori e diportisti. In assenza di predatori naturali, responsabile della scomparsa di molte specie marine a cui sottrae gran parte del fitoplancton disponibile, la carpa asiatica ha risalito il Mississippi e sta procedendo verso il più esteso ecosistema d'acqua dolce del mondo: i grandi laghi (con conseguenze potenzialmente devastanti). Il secondo, un pesce simile all'anguilla, il *Channa argus*, noto col nome di "testa di serpente", sembra a detta del TIME il "protagonista di un film dell'orrore", o di un "serial terrifico sulla natura". È nativo del continente asiatico ed è dotato di denti affilati come quelli di uno squalo.

Apparso per la prima volta nel 2002 in una piccola città dello Stato del Maryland, grazie alla capacità di spostarsi strisciando sulla terraferma anche per quattro giorni di fila, si è diffuso un po' dovunque, da New York alla California. Può raggiungere il metro di lunghezza e i 7kg di peso, si nutre di crostacei, altri piccoli invertebrati ed anfibi, e produce importanti disequilibri a carico degli ecosistemi.

Per gli ambienti dulcaquicoli italiani Stoch (2009) rileva come, delle 67 specie che costituiscono l'ittiofauna nazionale, ben il 60% sia rappresentato da specie aliene, e come ancora questo numero sia purtroppo in continuo aumento, con

conseguenze pesanti specialmente in ordine alla conservazione di specie endemiche e di habitat.

La stessa ittiofauna del Friuli Venezia Giulia è rappresentata per almeno il 40% da specie aliene.

COSA SAPPIAMO DELLE IAS

Le informazioni disponibili sulle specie aliene invasive sono scarse e largamente incomplete. Più in generale sono lacunose le informazioni sulle specie. Basti pensare che di tutte le specie presenti sulla terra (che a seconda delle stime variano da 5 a 30 milioni e oltre) soltanto una piccolissima parte è stata fino ad oggi identificata e classificata (1,5-1,8 milioni di specie). Dei tipi descritti solo pochi sono stati fatti oggetto di studi sulla distribuzione e la consistenza delle popolazioni. Infine, la maggior parte delle IAS prese in considerazione da tali studi è rappresentata da *taxa* extraeuropei. Da una revisione recente sugli insetti (il gruppo di specie in assoluto più numeroso e rappresentato), ad esempio, si può notare come solo il 6% dei *taxa* studiati fosse dato da *taxa* europei (DAISIE, 2008). Con riferimento infine al progetto Rarity alle pagine 20 e 21 viene riportata una scheda per il riconoscimento del gambero rosso della Louisiana *P. clarkii* e di quello indigeno *A. pallipes*.

IMPATTI DA IAS

Dopo la perdita di habitat le IAS rappresentano in assoluto il rischio maggiore per la biodiversità. Sono un ostacolo serio per la conservazione e per l'uso sostenibile della biodiversità tanto a livello globale, quanto locale. Sono responsabili di numerosi problemi legati alla salute umana (per esempio allergie e danni cutanei di vario genere), riducono le rese in agricoltura, causano degradazione dei suoli, possono portare al declino di beni ricreativi o culturali ereditati da generazioni precedenti ed associati all'utilizzo di corpi idrici e bellezze naturalistiche di vario genere.

Si potrebbero fare molti esempi di effetti ecologici negativi prodotti da IAS. Questi possono tuttavia essere ascritti alle seguenti categorie:

- competizione: una pianta aliena compete con piante native producendo alterazioni della struttura degli habitat; un animale alieno compete con specie native al punto di soppiantarle
- predazione: associata all'introduzione di una specie aliena può causare la rarefazione o la scomparsa di una o più specie native
- tossicità: la comparsa di specie aliene può causare problemi di rilevanza in alcuni casi anche per la salute pubblica, come nel caso di *bloom*, o fioriture di specie di fitoplancton che producono sostanze tossiche
- serbatoio di patogeni: una specie aliena può essere il ser-

batoio di patogeni che attaccano e a volte annientano specie native

- alterazioni dei flussi energetici e dei nutrienti: è il caso di alcune piante, ad esempio, la cui capacità di fissare l'azoto del terreno altera la disponibilità di nutrienti per altri organismi vegetali e dunque gli equilibri legati ai flussi energetici dell'intero ecosistema
 - alterazione delle funzioni ecosistemiche: vi sono esempi di modificazioni anche fisiche delle funzionalità di un ecosistema, dovute in certi casi allo sviluppo abnorme di una specie vegetale in grado di cambiare con la sua massa la stessa funzionalità idraulica di un corpo idrico naturale
 - ibridazione: una specie aliena può ibridarsi con una specie nativa dando origine ad ibridi invasivi che possono a volte modificare lo stesso aspetto fisico di interi habitat naturali
 - estinzione: gli effetti descritti più sopra, da soli, o combinati tra loro, possono portare all'estinzione di specie native
- Il caso di *Procambarus clarkii* è emblematico (Figura 6).



Figura 6 Gambero rosso della Louisiana, *Procambarus clarkii* Girard, 1852.

The Louisiana red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* Girard, 1852.

Questa IAS infatti:

- compete con i gamberi nativi, rispetto ai quali è più aggressiva e ai quali sottrae spazi vitali e risorse alimentari; ha tassi riproduttivi più elevati, e in seguito al suo arrivo è in breve presente con numeri sempre maggiori, fino al totale soppiantamento delle popolazioni gambericole indigene
- preda piccoli invertebrati con conseguenze a volte disastrose anche per la sopravvivenza di specie (anfibi e altri *taxa*) già in pericolo di estinzione
- trasmette parassiti e altri patogeni: è ad esempio portatrice sana di *Aphanomyces astaci*, fungo in grado di decimare le popolazioni di gambero nativo, che non dispongono di adeguate difese immunitarie contro questo agente eziologico

- è tossica nel caso in cui l'ambiente in cui vive registri la presenza e la fioritura di alghe azzurre, o cianobatteri, che producono fitotossine; attualmente, circa un terzo delle regioni italiane è interessato al problema di queste fioriture e l'elenco stilato dal Ministero della Salute nel 1997 comprende ben 60 specie tossiche; molte rilasciano sostanze (microcistine) con effetto tossico a carico di numerosi organismi acquatici; in particolare, la tossicità associata alla specie algale *Microcystis aeruginosa* può estendersi alla stessa salute umana; nutrendosi, fra l'altro, del microfilm presente in acque basse, costituito in larga misura da cianobatteri, grazie al suo metabolismo veloce il gambero rosso accumula efficacemente microcistine nella ghiandola digestiva (epatopancreas) e nell'intestino e può così risultare altamente tossico e provocare nel consumatore danni acuti a fegato e sistema nervoso
- può produrre infine danni fisici all'ecosistema a causa delle abitudini spiccatamente fossorie; scava infatti tane profonde, articolate in cunicoli, che rendono suoli e arginature porosi e instabili fino a provocarne, in casi estremi, il crollo

Quando l'arrivo del gambero rosso trasforma ad esempio il ruscelletto dove da generazioni amiamo fare il pic-nic domenicale, trasformandone le acque chiare in un medium torbido e poco invitante e impoverendone e modificandone le comunità biologiche, esso produce un danno alla biodiversità che si ripercuote sulle nostre stesse vite. Registriamo così una perdita che si esprime non soltanto in forma di diminuzione o scomparsa di specie e risorse genetiche, ma anche di ambienti, tradizioni, cultura, identità.

COSTI E BENEFICI

La valutazione dei costi economici - e anche degli eventuali benefici - associati alla presenza di specie aliene è da tempo oggetto di interesse da parte di studiosi e anche dei decisori tecnici e politici. Le specie aliene, tanto in agricoltura quanto in zootecnia, costituiscono in molti casi una risorsa economica di grande rilevanza. Due esempi in tal senso sono offerti dalla trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) e dalla vongola verace (*Tapes philippinarum*) (Tabella 1).

AREA	PRODUZIONE ITALIANA 2009					
	TROTA IRIDEA			VONGOLA VERACE		
	t	€ (milioni)	%	t	€ (milioni)	%
Italia	40.000	84	100,0	50.000	125	100,0
Friuli Venezia Giulia	16.000	33	40,0	1.200	3	2,4

Tabella 1 Produzione di trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) e vongola verace (*Tapes philippinarum*), e relativi fatturati, in Italia e in Friuli Venezia Giulia nel 2009.

Production of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Manila clam (*Tapes philippinarum*), and corresponding turnovers, in the Region Friuli Venezia Giulia in 2009.

Gli impatti da IAS possono avere effetti negativi anche sui cosiddetti servizi ecosistemici. Questi sono costituiti dall'insieme di risorse e di processi offerti o mantenuti dagli ecosistemi naturali, dei quali l'uomo e la società intera beneficiano e giocano un ruolo determinante in rapporto allo sviluppo economico e al benessere sociale.

I servizi ecosistemici spaziano dalle produzioni alimentari all'approvvigionamento d'acqua, dalla regolazione di climi locali e regionali al mantenimento dei cicli dei nutrienti, dalla capacità di impollinazione alle attività associate al turismo. Le IAS possono impattare negativamente anche i servizi ecosistemici, producendo ricadute indesiderate sui piani socio-economico e culturale.

Ma vi sono anche molte specie vegetali non-native, a crescita rapida, e/o a resa più elevata, che consentono ritorni economici più veloci e interessanti rispetto a quelli dati invece dalle specie native. Specie aliene possono anche rispondere alla domanda di mercato di animali da pelliccia, di piccoli animali da compagnia, di piante ornamentali da giardino. Tuttavia, un numero crescente di ricerche e conoscenze aggiornate suggerisce in modo sempre più chiaro che l'impatto economico dovuto alla presenza e alla diffusione di specie aliene è, nel suo complesso, decisamente negativo. Tale impatto può inoltre essere ricondotto, sia pure con difficoltà, a valori monetari, a loro volta capaci di fornire un quadro concreto del danno.

Gli studi forse più noti sugli impatti da IAS sono quelli di Pimentel et al. (2001 e 2005), che ne hanno valutato i costi di carattere ambientale ed economici in sei importanti Paesi: Stati Uniti, Regno Unito, Australia, Sud Africa, India e Brasile. Tali studi, condotti in prima battuta nel 2001 e poi aggiornati nel 2005, hanno stimato che l'invasione da IAS nelle nazioni considerate produce danni per un ammontare di 314 miliardi di dollari l'anno, pari ad un costo annuale pro-capite di 240 dollari. Ipotizzando valori monetari simili per il resto del mondo, gli autori hanno stimato che il danno da IAS a livello globale superi 1,4 trilioni di dollari l'anno, che corrisponderebbero al 5% del PIL globale.

DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) - studio condotto con il supporto della CE - ha stimato che più di 1.300 fra le specie invasive in Europa abbiano impatti economici negativi (Vila & Basnou, 2008).

IEEP (Institute for European Environmental Policy) ha utilizzato i dati resi disponibili dal DAISIE (sia le informazioni sugli impatti da IAS, sia quelle sui costi monetari ad essi associati, ove raccolte) per studiare e valutare gli impatti da specie aliene invasive in Europa e nell'Unione Europea (IEEP, 2009). Il costo di tali impatti è stato così stimato nell'ordine di almeno 12,5 miliardi di euro l'anno (costi documentati). Inoltre, sulla base di estrapolazioni e calcoli tale costo risulterebbe essere superiore ai 20 miliardi di euro l'anno.

BIBLIOGRAFIA

- Chivian, E. & Bernstein, A. (eds.), 2008. *Sustaining Life: how human health depends on biodiversity*. Oxford University Press, 568 pp.
- DAISIE, 2008. DAISIE European Invasive Alien Species Gateway (www.europe-aliens.org).
- IEEP, 2009. Technical support to EU strategy on invasive alien species (IAS). Assessment of the impacts of IAS in Europe and the EU. Service contract No. 070307/2007/483544/MAR/B2, 124 pp.
- Occhipinti-Ambrogi, A. & Galil, B.S., 2004. A uniform terminology on bioinvasions: a chimera or an operative tool?, *Marine Pollution Bulletin*, 49, 688-694.
- Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., Simmonds, C., O'Connell, C., Wong, E., Russel, L., Zern, J., Aquino, T. & Tsomondo, T., 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84:1-20.
- Pimentel, D., Zuniga, R. & Morrison, D., 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52: 273-288.
- Pýsek, P., Hulme, P.E. & Nentwig, W., 2009. DAISIE, *Handbook of Alien Species in Europe*, Chapter 14, Glossary of the Main Technical Terms Used in the Handbook, Springer Science + Business Media B.V., 375-379.
- Stoch, F., 2009. Habitat terrestri e d'acqua dolce: fauna. 89-132. In *Gli habitat italiani, espressione della biodiversità*, Quaderni Habitat, Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e Museo di storia naturale di Udine, 208 pagine.
- Vila, M. & Basnou, C., 2008. State of the art review of the environmental and economic risks posed by invasive alien species in Europe – DAISIE Deliverable 14 Report, 36 pp.



BIOACCUMULO DI INQUINANTI IN *PROCAMBARUS CLARKII*

BIOACCUMULATION OF POLLUTANTS IN *PROCAMBARUS CLARKII*

– Francesco Acri & Daniele Cassin –

CNR-ISMAR (Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine)
Castello, 2737/F (Arsenale – Tesa 104) - 30122 Venezia, Italia
email francesco.acri@ismar.cnr.it, daniele.cassin@ismar.cnr.it

RIASSUNTO

Procambarus clarkii può accumulare efficacemente nel proprio organismo metalli pesanti e tossine algali. Per questa ragione la sua cattura a fini alimentari deve avvenire solo in acque di buona qualità. Le fitotossine si possono trovare in concentrazioni maggiori nella ghiandola digestiva (epatopancreas), che ha sede nel cefalotorace (porzione anteriore dell'animale) e di norma non viene perciò utilizzata a fini alimentari, e nell'intestino, che attraversa tutta la muscolatura addominale, ed è invece la parte edibile per eccellenza. L'abitudine di asportare l'intestino prima della cottura, durante la pulizia del prodotto, aumenta quindi la sicurezza dell'alimento. Le fitotossine non sono infatti termolabili.

SUMMARY

Procambarus clarkii can effectively accumulate heavy metals and algal toxins in its body. Due to this reason its harvesting for human consumption should take place only in pure and unpolluted waters. In *P. clarkii*, phytotoxins can be found in higher concentrations in the digestive gland (hepatopancreas), which is located in the cephalothorax (anterior part of the body) and is not usually utilized for eating purposes, and in the gut, which crosses all the abdominal musculature, which is the edible part of the crayfish *par excellence*. For food safety purposes, it is recommended to remove the gut, when consumer clean and prepare the product, before cooking it. Phytotoxins are not thermolabile substances.

INTRODUZIONE

La pesca di *Procambarus clarkii* può contenere la sua diffusione e contrastare i danni ecologici dei quali è responsabile. Tuttavia, poiché questo gambero è in grado di sopportare elevati livelli di inquinanti e accumula efficacemente nell'organismo metalli pesanti e tossine algali (le microcistine) è importante essere pienamente consapevoli dei rischi legati al suo consumo qualora provenga da aree caratterizzate da scarsa qualità ambientale.

I METALLI PESANTI

Il termine metallo pesante si riferisce a tutti gli elementi chimici metallici che hanno una densità relativamente alta, superiore a 5 g/cm³, e sono tossici.

I metalli pesanti vengono immessi nell'ambiente da processi naturali (eruzioni vulcaniche, erosione delle rocce ecc.) e da attività umane (processi di combustione, attività agricole, industrie minerarie, metallurgiche e chimiche) ed entrano facilmente nella catena alimentare.

Elementi quali arsenico, cadmio, mercurio e piombo non svolgono alcun ruolo specifico nei processi vitali e la loro assunzione è sempre da evitare. Invece ferro, cobalto, cromo, rame, manganese, selenio e zinco sono essenziali per l'organismo a dosi molto basse, ma diventano tossici se assunti in concentrazioni sufficientemente elevate.

Come inquinanti i metalli pesanti sono sostanze tossiche persistenti, cioè non vengono degradati dai processi naturali, e sono soggetti a bioaccumulo, perciò si accumulano nell'organismo in concentrazioni superiori a quelle riscontrate nell'ambiente circostante. Inoltre sono soggetti a biomagnificazione e quindi la loro concentrazione è più alta negli organismi che stanno ai vertici della catena alimentare.

Il regolamento (CE) N. 1881/2006 fissa i livelli massimi ammissibili negli alimenti di tre metalli pericolosi: il piombo, il mercurio e il cadmio. Nei crostacei ognuno di questi tre elementi non deve superare la concentrazione di 0,5 mg per kg di peso fresco. Il piombo nel passato è stato addizionato alla benzina come antidetonante e utilizzato in tubature e vernici. Questo elemento viene tuttora usato negli accumulatori elettrici, nella fabbricazione

ne di schermi protettivi dalle radiazioni, nei proiettili per armi da fuoco e nell'industria chimica. Inoltre è un componente di molte leghe a basso punto di fusione, impiegate in circuiti elettrici, in sistemi di allarme antincendio e per saldature a bassa temperatura, e di leghe antifrizione. L'assunzione di questo metallo avviene con la dieta oppure, se presente in aria, attraverso la respirazione e provoca danni al sistema nervoso, specialmente nei bambini, e l'insorgenza di malattie ematiche e renali. Nel corso dell'ultimo decennio il tenore in piombo negli alimenti è diminuito a seguito delle azioni compiute su questo versante. Il limite massimo ammissibile di questo metallo per kg di peso corporeo è 0,025 mg/settimana.

Il mercurio è largamente utilizzato per le sue peculiari caratteristiche, cioè basso punto di fusione, elevata densità e tensione superficiale e notevole inerzia chimica, in apparecchiature elettriche e scientifiche di vario tipo: lampade ultraviolette, pompe da vuoto a diffusione di mercurio, pile a secco, manometri, termometri e regolatori di portata dei gas. È anche impiegato nell'industria della soda caustica. Il mercurio è assunto dall'uomo soprattutto con i prodotti della pesca e provoca gravi danni neurologici. L'assunzione di questo metallo non deve superare gli 0,005 mg/settimana per kg di peso corporeo. Il cadmio viene utilizzato principalmente nella cadmiatura, trattamento galvanico mediante il quale si riveste di un sottile strato di cadmio un materiale metallico allo scopo di conferirgli una protezione dalla corrosione. Questo elemento viene anche usato in leghe metalliche bassofondenti e per saldatura e in leghe metalliche resistenti all'usura. Il cadmio metallico, infine, è impiegato nelle batterie alcaline al nichel-cadmio. La dose massima ammissibile di questo elemento per kg di peso corporeo è 0,007 mg/settimana.

LE MICROCISTINE

Il gambero *P. clarkii* è in grado di accumulare nel suo organismo le tossine prodotte dal cianobatterio *Microcystis aeruginosa*.

I cianobatteri sono un tipo di alghe microscopiche che nei mesi estivi possono crescere rapidamente sino a formare masse galleggianti che hanno l'aspetto di una schiuma verdastra. I cianobatteri hanno bisogno di temperature calde, luce, fosforo e azoto per crescere. Fosforo ed azoto sono presenti nei liquami di origine umana ed animale e nei fertilizzanti e raggiungono le acque superficiali con il dilavamento dei campi e il cattivo funzionamento dei depuratori delle fognature. I cianobatteri hanno la capacità di produrre delle tossine chiamate cianotossine, che possono essere classificate in base al meccanismo di tossicità in tre classi principali: epatotossine, che danneggiano il fegato, neurotossine, che agiscono sul sistema nervoso e dermatotossine, che danneggiano la pelle.

Il genere *Microcystis* appartiene ai cianobatteri più importanti e studiati per la formazione di fioriture nei corpi idrici. All'interno di questo genere si distingue la specie cosmopolita *M. aeruginosa* che è presente nelle regioni temperate in acque eutrofiche ed ipertrofiche e produce tossine chiamate microcistine. Le fiori-

ture di questo cianobatterio avvengono in tarda estate e inizio autunno in acque poco rimescolate.

Le microcistine possono danneggiare: il fegato (bersaglio primario), i polmoni e i reni; sono inoltre agenti cancerogeni. Queste tossine non sono distrutte dalla cottura. Delle 60 varianti di microcistine la microcistina LR è la più pericolosa: l'ingestione giornaliera non deve superare 0,04 µg/Kg di peso corporeo del consumatore e la sua concentrazione deve essere inferiore a 1 µg/l nelle acque destinate al consumo umano.

P. clarkii si ciba tra l'altro di microalghe, cianobatteri compresi, e grazie al suo metabolismo veloce (decisamente più veloce rispetto a quello delle specie europee) può accumulare rapidamente ed efficacemente microcistine nell'organismo. Per questa ragione la sua cattura a fini alimentari dovrebbe essere praticata solo in acque di buona qualità.

Le fitotossine si possono trovare in concentrazioni maggiori nella ghiandola digestiva (epatopancreas), che ha sede nel cefalotorace (porzione anteriore dell'animale) e che di norma non viene perciò utilizzata a fini alimentari, e nell'intestino, che attraverso tutta la muscolatura addominale, ed è invece la parte edibile per eccellenza. L'abitudine di asportare l'intestino prima della cottura, durante la pulizia del prodotto, aumenta quindi la sicurezza dell'alimento (le fitotossine non sono infatti termolabili). Va infine ricordato che gli individui di taglia maggiore accumulano meno tossina di quelli più piccoli (normalmente scartati ai fini alimentari), e che un periodo di depurazione prima dell'immissione sul mercato può far diminuire il contenuto di tossina nella muscolatura dell'addome, ma non nell'intestino.

ESEMPI DI BIOACCUMULO DI INQUINANTI NEI GAMBERI ROSSI DELL'AREA UMIDA DI MASSACIUCCOLI (LUCCA)

Negli anni '90 il gambero rosso fu importato dalla Louisiana in Toscana da un'azienda di Massarosa, vicino al Lago di Massaciuccoli, per un tentativo di commercializzazione. Nel 1992 un'alluvione colpì la zona interessata e sommerse l'allevamento permettendo ai gamberi di fuggire e di colonizzare il Lago di Massaciuccoli stesso e l'area umida circostante. Per contenerne la diffusione a partire dal 1997 l'Ente Parco Regionale Migliarino - San Rossore - Massaciuccoli ne ha promosso la pesca e la commercializzazione che però, a causa di intensi bloom di *M. aeruginosa*, è stata successivamente vietata. Nel 2003, ad esempio, sono stati registrati livelli di microcistine fino a 160 µg/l in acqua, mentre valori ben più elevati sono stati riscontrati nella porzione cefalica di *P. clarkii*.

Inoltre, gli esemplari di *P. clarkii* campionati in alcune aree venatorie dell'area umida di Massaciuccoli mostrano, nell'esoscheletro e nell'epatopancreas, un marcato accumulo di piombo che proviene dai pallini da caccia presenti nel sedimento. I gamberi provenienti da queste zone, se utilizzati a scopo alimentare, potrebbero costituire un pericolo per la salute umana, non tanto per i livelli di piombo rilevati nella parte edibile (in media

0,5 µg/g peso secco nel muscolo) ma soprattutto per le elevate concentrazioni presenti nel contenuto intestinale (in media 340,9 µg/g peso secco).

CONCLUSIONI

A causa dell'elevata capacità di questo crostaceo di accumulare inquinanti, la sua cattura deve avvenire solo in acque di buona qualità.

Un periodo di depurazione di alcuni giorni prima dell'immissione sul mercato e l'eliminazione dell'intestino prima del consumo possono aumentare la sicurezza di questo alimento.

BIBLIOGRAFIA

- Bianchi, N., Ancora, S., di Fazio, N., Leonzio, C. & Tenzoni A., 2006. Livelli di piombo, mercurio e cadmio nell'area umida del parco Migliarino-S.Rossore-Massaciuccoli. XIV Congresso della Società Italiana di Ecologia. Viterbo/Civitavecchia 2006.
- Chimica-online.it: risorse didattiche per lo studio online della Chimica. Disponibile al sito: <http://www.chimica-online.it>.
- Ferraresi, A. & Corticelli, C., 2002. Cosa sono i metalli pesanti che si "nascondono" nel cibo. Agricoltura: 17-19.
- Funari, E., Scardala, S. & Testai, E., 2008). Cianobatteri potenzialmente tossici: aspetti ecologici, metodologici e valutazione del rischio. Istituto Superiore di Sanità. Rapporti ISTISAN 08/6. 92 pp. Litta A. I rischi per l'ambiente e la salute derivanti dall'alga rossa *Plankthotrix rubescens* nelle acque di superficie. Disponibile all'indirizzo: <http://www.isde.it>.
- Regione Veneto - ARPAV. Dall'A-mianto. . . alla Z-anzara. Glossario dei rischi ambientali. Disponibile all'indirizzo: http://www.arpa.veneto.it/pubblicazioni/htm/scheda_pub.asp?id=147.
- Regione Lombardia - ASL Varese. Cianobatteri. Dispensa disponibile all'indirizzo: www.asl.varese.it/wai/download/acque_potabili/cianobatteri.pdf.
- Simoni, F., di Paolo, C., Mancino, A., Simoni, F. & Falaschi A., 2004. Microcystin concentrations in water and ichthyofauna of Massaciuccoli Wetlands (Tuscany). Harmful Alga News 25, 4 –6.
- Tricarico, E., Casalone, E., Fioravanti, L., Gherardi, F., Mastromei, G. & Parisi, G., 2006. Accumulo di microcistina nel gambero rosso della Louisiana, *Procambarus clarkii*: risultati preliminari. Il Pesce 6, 97.
- Tricarico, E., Bertocchi, S., Brusconi, S., Casalone, E., Gherardi, F., Giorgi, G., Mastromei, G. & Parisi, G., 2008. Depuration of microcystin-LR from the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* with assessment of its food quality. Aquaculture 285: 90– 95.



PATOLOGIE DEI GAMBERI D'ACQUA DOLCE NEL CONTESTO DEL PROGETTO LIFE+ RARITY

CRAYFISH PATHOLOGY WITHIN THE FRAME OF LIFE+ RARITY PROJECT

– Tobia Pretto & Amedeo Manfrin –

Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie
Laboratorio Nazionale di Riferimento per le malattie dei crostacei
Via Leonardo da Vinci, 39 - 45011 Adria (Rovigo)
email tpretto@izsvenezie.it, amanfrin@izsvenezie.it

RIASSUNTO

Viene di seguito descritta la patologia infettiva di maggior interesse per le popolazioni di gamberi autoctone: la peste del gambero, sostenuta da *Aphanomyces astaci*. Vengono descritti il ciclo biologico, le modalità di trasmissione e le opportune misure di disinfezione e prevenzione per contrastarne la diffusione nel territorio del Friuli Venezia Giulia.

SUMMARY

Crayfish plague is a contagious disease affecting European freshwater crayfish. The causative agent *Aphanomyces astaci*, an Oomycete fungal-like organism, is extremely virulent causing up to 100% mortality in infected specimens. The native white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes*, endangered species focused in the RARITY project, is highly susceptible to the disease. Alien crayfish species of North American origin, as the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*), are considered to be resistant and frequently carriers of the disease. Laboratory analyses are needed to confirm the suspicion of crayfish plague in episodes of mortality in crayfish population. PCR and histological techniques can detect the presence of the pathogen from crayfish tissue samples of moribund or dead specimens of *A. pallipes* and reveal carrier state in *P. clarkii*. Adequate disinfectant protocols are much needed to prevent the spread of the disease through contaminated equipment, from different water bodies. Sampling methods during outbreaks of crayfish plague are discussed.

PESTE DEL GAMBERO O AFANOMICOSI

L'agente eziologico della peste del gambero, *Aphanomyces astaci*, identificato per la prima volta nel 1903 in Germania (Schikora, 1903), è un oomicete acquatico strettamente imparentato con il genere *Saprolegnia* causa di micosi cutanee nei pesci d'acqua dolce. *A. astaci*, appartenente al phylum Chromista, alla classe Oomycota, all'ordine Saprolegniales e alla famiglia Saprolegniaceae, rappresenta in ambito europeo la patologia dei gamberi d'acqua dolce a maggior contagiosità e letalità.

La sensibilità all'infezione e il decorso clinico variano notevolmente tra le differenti specie di gamberi, in particolare le specie europee appartenenti alla famiglia Astacidae, tra cui il gambero di fiume autoctono *Austropotamobius pallipes*, e *A. torrentium*, *Astacus astacus* e *A. leptodactylus*, risultano estremamente sensibili alla peste. Al contrario, le specie Nord Americane della famiglia Cambaridae, quali il gambero rosso della Louisiana *Procambarus clarkii*, *Pacifastacus leniusculus*, *Orconectes limosus*, sono resistenti all'infezione e agiscono come vettori biologici. La famiglia australiana Parastacidae, che annovera i generi *Euastacus*, *Cherax*, *Geocherax*, *Astacopsis*, presenta una sensibilità elevata all'oomicete, simile a quella delle specie europee, con l'eccezione del genere *Cherax*, che manifesta un certo grado di resistenza (Unestam, 1976).

CICLO BIOLOGICO

Il ciclo biologico è diretto, non sono presenti cioè ospiti intermedi, *A. astaci* si trasmette da gambero a gambero. La riproduzione avviene in modo asessuato, tramite zoospore mobili biflagellate. La zoospora rappresenta lo stadio infettante di *A. astaci* consentendone la diffusione nell'acqua; essa è infatti attratta da molecole rilasciate dalla cuticola dei gamberi, all'esoscheletro dei quali aderisce tramite i flagelli, perforandolo grazie all'azione di enzimi. Un tubo germinativo penetra poi attraverso gli strati della cuticola e le ife vegetative cominciano a svilupparsi invadendo il tessuto sottocutaneo. La morte del gambero è probabilmente la conseguenza di squilibri metabolici ed osmotici indotti

dall'oomicete e dalla diffusione delle ife nel tessuto nervoso. Le ife producono strutture riproduttive che fuoriescono dalla cuticola prima della morte dell'ospite. Zoospore ameboidi primarie, migrando all'apice delle ife, sulla superficie esterna della cuticola, si incistano formando una struttura rotondeggiante detta zoosporangio che, dopo alcune ore, rilascia nell'ambiente acquatico zoospore secondarie biflagellate pronte ad infestare un nuovo ospite (Quaglio *et al.*, 2011).

TRASMISSIONE

La trasmissione dell'infezione in natura avviene prevalentemente per via orizzontale, da gambero infetto o portatore asintomatico (specie aliene Nord-Americane) a gamberi sensibili coabitanti nello stesso bacino; tuttavia le zoospore possono essere veicolate a distanza tra bacini idrici diversi tramite acqua contaminata o quando adese temporaneamente sulla superficie corporea di uccelli o mammiferi acquatici. Anche la movimentazione di specie ittiche provenienti da aree infette verso corsi d'acqua indenni può essere causa di epidemia, poiché le zoospore possono sopravvivere nel muco cutaneo e nel tratto intestinale dei pesci (Alderman *et al.*, 1987; Oidtmann *et al.*, 2002) o essere presenti nell'acqua di trasporto. Inoltre *A. astaci* può essere veicolato da equipaggiamento contaminato (attrezzatura da pesca, nasse, stivali, natanti, ecc.). Le carcasse dei crostacei mantenute all'aria, a temperatura ambiente (circa 21°C), risultano ancora infettanti dopo 48 ore, in acqua dopo 3-5 giorni. Inoltre le zoospore incistate possono mantenersi vitali in acqua al di fuori dell'ospite fino a 14 giorni (Oidtmann *et al.*, 2005). In caso di epidemia in specie sensibili, la mortalità coinvolge normalmente il 100% della popolazione. La malattia, nei corsi d'acqua, si diffonde rapidamente lungo la direzione del flusso, mentre è più lenta la propagazione controcorrente. La velocità di diffusione dipende da fattori ambientali, come la temperatura dell'acqua (Oidtmann *et al.*, 2005), e dalla numerosità della popolazione gambericola esposta. Pertanto, fenomeni di mortalità lungo un corso d'acqua possono verificarsi in intervalli compresi tra poche settimane e pochi mesi (per esempio, durante il periodo estivo, a 50 km a valle di un focolaio di peste si è riscontrata diffusione del patogeno e mortalità a carico dei gamberi presenti dopo soli 21 giorni) (Taugbøl *et al.*, 1993).

Raramente individui di specie sensibili possono essere rinvenuti vivi dopo un episodio di peste, se ciò si verifica si deve ad una mancata esposizione al patogeno (animali presenti in corsi d'acqua tributari). Dopo molti decenni d'infezione, non si è osservato sviluppo di resistenza ed immunità alla malattia in *A. pallipes*, tuttavia recenti ricerche condotte nella specie *A. astacus* evidenziano la presenza di ceppi di *A. astaci* meno patogeni e la possibilità, in condizioni di ridotta densità della popolazione astacicola, di persistenza del patogeno senza evidenza di mortalità (Viljamaa-Dirks *et al.*, 2011).

DIFFUSIONE IN EUROPA E FOCOLAI IN ITALIA

L'Italia risulta essere il primo paese in Europa colpito da epizoozia di peste del gambero (Unestam, 1973) di probabile origine Nord Americana. La popolazione gambericola era consistente ed ampiamente diffusa in tutto il territorio nazionale prima della comparsa della malattia. Il primo episodio di peste fu descritto in Lombardia nel 1859 (Cornalia, 1860). Rapidamente la peste, ritenuta al tempo essere provocata da parassiti o batteri, si propagò in tutta l'Europa centrale fino ai paesi baltici, scandinavi e in Russia (Alderman, 1996). Dopo aver decimato le popolazioni di gamberi europei tra la seconda metà del 1800 e i primi decenni del 1900, la peste ha diminuito la sua incidenza restando circoscritta ad alcuni focolai in Europa orientale e settentrionale.

Negli ultimi decenni l'epidemia è tornata a minacciare i gamberi europei, interessando anche le acque interne di Turchia, Spagna, Gran Bretagna, Irlanda e Norvegia. In Italia, dopo le prime segnalazioni risalenti alla metà del 1800, non sono stati più descritti episodi di afanomicosi e pertanto si pensava che questa patologia fosse scomparsa dal territorio nazionale (Quaglio *et al.*, 2011). Tuttavia, da *P. clarkii* catturati nel 2008 in Lombardia e Toscana, è stato identificato *A. astaci* (Gherardi, dati non pubblicati). Nell'estate 2009 *A. astaci* è stato identificato in *A. pallipes* prelevati in torrenti della provincia di Isernia (Cammà *et al.*, 2010). Numerosi focolai sono stati rilevati durante il biennio 2010-2011 in *A. pallipes* in Veneto (Valdobbiadene), Trentino, Abruzzo, Lombardia, Molise e nelle specie australiane *Cherax destructor* e *C. quadricarinatus* in allevamenti commerciali in Veneto e Sicilia, rispettivamente. In Friuli Venezia Giulia la presenza di *A. astaci* è stata riscontrata, durante il 2011 e il primo semestre del 2012, tramite analisi biomolecolari, in gamberi di fiume (*A. pallipes*) rinvenuti morti in torrenti della provincia di Udine e Pordenone.

SEGNI CLINICI

Nella prima fase dell'infezione si osserva un aumento dell'attività motoria, seguito da apatia e paralisi per alterazione del sistema nervoso. La morte sopraggiunge in genere dopo 6 giorni dal contatto con le zoospore, il decorso può tuttavia protrarsi fino a 15 giorni in ragione della dose infettante e della temperatura (la sua durata aumenta con numero ridotto di zoospore e basse temperature). I gamberi, animali prevalentemente notturni, se affetti da peste possono essere visibili durante il giorno in zone poco riparate: alcuni esemplari evidenziano una perdita di coordinazione nei movimenti e d'equilibrio, non tentano di sottrarsi alla cattura e si manifestano inerti se trattenuti (scarsa tonicità della muscolatura degli arti).

Al culmine dell'infezione gli esemplari si rovesciano sul dorso, muovono convulsamente le appendici e non riescono a raddrizzarsi. Frequentemente la morte si manifesta in questa

posizione con paralisi degli animali. Talvolta possono manifestarsi il distacco degli arti o di loro porzioni, la tendenza a grattarsi e pizzicarsi la cuticola e un aspetto biancastro lattescente della muscolatura addominale. Aree ulcerate e brunastre, per deposito di melanina nella cuticola, sono evidenti in gamberi alieni resistenti e portatori, o in gamberi autoctoni con infezione subacuta (con temperatura inferiore ai 10°C) (Alderman *et al.*, 1987), pur non essendo tali lesioni esclusive di questa malattia.

Il sistema immunitario dei crostacei, stimolato dalla penetrazione delle ife, attiva una risposta aspecifica basata sul richiamo di cellule emocitarie e sul sistema enzimatico della profenolossidasi, che porta alla formazione di melanina, pigmento brunastro con proprietà antibatteriche e antimicotiche. La risposta immunitaria contro *A. astaci* è più efficace e rapida nelle specie americane appartenenti alla famiglia Cambaridae, probabilmente per il maggior numero di emociti granulari, e consente di contenere la diffusione delle ife alla porzione più superficiale dell'esoscheletro, grazie ad un'abbondante produzione di melanina. Questo comporta la presenza di gamberi alieni apparentemente sani, ma portatori del patogeno che è in grado comunque di completare il ciclo biologico con la produzione di zoospore infettanti per le specie autoctone.

DIAGNOSI IN CAMPO

Il sospetto di peste del gambero, durante l'attività di monitoraggio dei bacini idrici, si concretizza in presenza di elevata mortalità di gamberi; tuttavia, il solo riscontro di un ingente numero di crostacei deceduti, che non prenda in esame altre condizioni generali sulla fauna acquatica, non è sufficiente per emettere una diagnosi di peste. La morte di altri crostacei e invertebrati, oltre ai decapodi, e la presenza di pesci vivi, può essere indice d'inquinamento (es. insetticidi, in particolare piretroidi), mentre la mortalità concomitante di invertebrati e specie ittiche fa propendere per cause ambientali, escludendo agenti infettivi. Il prelievo di gamberi moribondi e sintomatici consente di eseguire un ampio spettro di analisi di laboratorio in grado di confermare la presenza o meno del patogeno *A. astaci*.

DIAGNOSI DI LABORATORIO

Per l'identificazione o l'isolamento in coltura di *A. astaci* si procede prelevando porzioni di esoscheletro in cui è probabile la presenza di ife. Nelle specie autoctone sensibili (*Astacus astacus*, *Austropotamobius pallipes*, *A. torrentium*) si preferisce il prelievo della cuticola addominale e di eventuali aree melanizzate su arti e cuticola (Foto 1), mentre nelle specie aliene resistenti Nord Americane si associa a questi tessuti anche il prelievo del telson e degli uropodi.



Foto 1 L'area evidenziata sulla superficie addominale ventrale rappresenta la porzione di cuticola prelevata per l'osservazione microscopica a fresco e per l'analisi biomolecolare. Le frecce indicano aree melanizzate in prossimità delle articolazioni dei pereopodi. (*Austropotamobius pallipes*).

L'esame a fresco consiste nell'osservazione microscopica a piccolo ingrandimento di una porzione di cuticola per rilevare la presenza di ife asettate (Foto 2).

L'esame colturale si effettua infiggendo porzioni di cuticola in terreno agarizzato RGY (River water Glucose Yeast extract Agar) (Alderman, 1986), attendendo quindi la crescita delle ife. Per l'identificazione morfologica bisogna consentire la formazione di zoosporangi, ponendo le ife a contatto con acqua di fonte. Questo esame presenta alcune limitazioni poiché richiede esemplari vivi, oppure morti entro le 12-24 ore (mantenuti a temperatura compresa tra 7 e 25°C). Risulta efficace solo in specie sensibili (non è al contrario ottimale nel caso di specie aliene resistenti) e richiede tempi lunghi (15



Foto 2 Osservazione a fresco di cuticola addominale con ife di *Aphanomyces astaci* (frecce) parzialmente melanizzate (100 ingrandimenti).

giorni). L'isolamento in coltura è tuttavia necessario per analisi molecolari RAPD-PCR (Random Amplification of Polymorphic DNA) in grado di identificare precisamente il gruppo genetico di *A. astaci*.

L'esame istologico eseguito su esemplari vivi o fissati in campo (con fissativo di Davidson o formalina tamponata al 10%), evidenzia la presenza di ife fungine (colorazione Grocott) e la presenza di infiltrato emocitario ad esse associato (Foto 3). Non è in grado di discriminare tra ife di *A. astaci* e infezioni micotiche secondarie.



Foto 3 Sezione istologica di cuticola in cui sono visibili le ife asettate e ramificate di *Aphanomyces astaci* in sezione longitudinale e trasversale (colorazione Grocott, 250 ingrandimenti).

L'analisi molecolare basata su PCR (Polymerase Chain Reaction) è la metodica più sensibile e specifica, può essere eseguita su campioni di gambero vivi, morti, congelati o fissati in etanolo, ed è efficace anche nelle specie resistenti portatrici (*P. clarkii*).

L'analisi PCR, riportata nel Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals, 2009, OIE (Oidtmann *et al.*, 2006), amplifica una sequenza di 569 paia di basi nella regione ITS (Internal Transcribed Spacer) del genoma di *A. astaci*, utilizzando una coppia di primer: Primer 42 Forward (5'-GCTTGTGCTGAGGATGTTCTF-3') e Primer 640 Reverse (5'CTATCCGACTCCGATTCTG-3'). Per la conferma diagnostica i prodotti di amplificazione vengono in seguito sequenziati e confrontati con le sequenze riportate in letteratura tramite BLAST (GenBank). Un'omologia di sequenza è la conferma della presenza di *A. astaci* nel campione analizzato.

MISURE DI PREVENZIONE

Quando *A. astaci* viene a contatto con una popolazione di gamberi sensibili, la sua diffusione è estremamente rapida e non controllabile, perciò prevenire l'introduzione del patogeno risulta essenziale.

Misure di prevenzione specifiche per *A. astaci* sono riportate nel Manuale OIE (Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals, 2009) e più in dettaglio nel manuale australiano (AUSTRALIAN AQUATIC VETERINARY EMERGENCY PLAN, Disease Strategy Crayfish plague, 2005).

Da questi testi sono derivabili alcuni accorgimenti utili ad evitare l'ulteriore diffusione della peste del gambero nel territorio italiano. Primariamente deve essere evitata la movimentazione di gamberi vivi o morti, potenzialmente infetti, di acqua o attrezzature contaminate, verso aree indenni ospitanti popolazioni suscettibili. Vanno evitati la movimentazione ed il rilascio di specie ittiche provenienti da aree soggette ad episodi di afanomicosi, nonché la cattura accidentale di gamberi alieni, possibili vettori di *A. astaci*, durante le operazioni di trasferimento di fauna ittica tra bacini diversi. Risulta necessario informare la popolazione sul danno provocato dal rilascio in natura di gamberi alieni Nord Americani, commercializzati spesso in acquariofilia e, inoltre, formare le guardie ittiche e i pescatori sportivi sulla necessità di una corretta disinfezione delle attrezzature (guadini, nasse, stivali, natanti, ecc...) dopo l'utilizzo in bacini dove siano stati accertati fenomeni di mortalità sospetta o nei quali siano presenti specie di gamberi alieni.

METODI DI DECONTAMINAZIONE

I metodi di decontaminazione da zoospore di *A. astaci* si basano sul trattamento termico, l'essiccamento o la disinfezione chimica.

Per inattivare le zoospore risulta efficace il riscaldamento a 60 °C per pochi minuti, il congelamento a -20 °C per 72 ore (Oidtmann *et al.*, 2002), la disidratazione per 48-72 ore oppure l'utilizzo di disinfettanti quali:

- ipoclorito di sodio (100 ppm di cloro libero per 30 secondi), utile per strumentario e acqua contaminata;
- iodofori (500 ppm di iodio attivo per 15 minuti), efficace dopo rimozione dei residui organici;
- acido peracetico (soluzione al 5% in H₂O₂, 100 ppm per 5 minuti).

MISURE DI DISINFEZIONE DURANTE IL CAMPIONAMENTO

Nell'ambito del progetto RARITY l'attività di campionamento riveste una grande importanza e un duplice scopo. Il prelievo in natura di esemplari di *A. pallipes*, da destinare a riproduzione in ambiente controllato, ha come obiettivo il ripopolamento, mentre il prelievo della specie aliena *P. clarkii* è volto a contenerne la diffusione e consentendo nel contempo un accurato e ripetuto monitoraggio sanitario di *A. astaci*.

Nell'attività di campionamento, sia prelevando una specie

che può essere portatrice asintomatica della peste (carrier), come *P. clarkii*, sia lavorando con specie autoctone sensibili alla peste come *A. pallipes*, è necessario osservare sempre le idonee misure di disinfezione delle attrezzature.

La disinfezione si basa sull'utilizzo dei già citati iodofori (ad esempio Zoodyn) in grado, alla concentrazione di 500 ppm di iodio, di inattivare le zoospore nell'arco di 15-30 minuti. Il prodotto commerciale concentrato deve essere opportunamente diluito. Per preparare 1 litro di soluzione disinfettante è necessario misurare 30 ml di prodotto puro, aiutandosi con un contenitore graduato, e aggiungere acqua di rubinetto portando a volume. La soluzione così ottenuta deve essere protetta dal calore e dalla luce diretta del sole e va utilizzata rapidamente (preparando giornalmente la quantità necessaria). Se il disinfettante perde la colorazione brunastra non è più efficace e deve essere sostituito. La soluzione va distribuita vaporizzandola abbondantemente su tutta l'attrezzatura che è venuta a contatto con l'acqua del bacino, dopo aver eliminato i residui di fango e materiale organico, poiché lo sporco inattiva il disinfettante. In particolare le nasse vanno mantenute aperte durante la procedura per imbibirne omogeneamente tutte le maglie. Dopo aver atteso il tempo di azione del disinfettante, si procede ad un abbondante risciacquo con acqua di rubinetto. La disinfezione degli stivali può essere eseguita anche al momento dell'arrivo in un nuovo sito di cattura, ma si deve rispettare il tempo minimo di azione (15 minuti) prima di entrare in acqua. È opportuno utilizzare sempre guanti in lattice quando si maneggiano gli animali, le attrezzature e i disinfettanti, e sostituirli quando ci si sposta in un'altra zona di campionamento. È consigliabile abbinarli a guanti in gomma ad uso domestico per una maggiore protezione. Un'alternativa all'uso di composti a base di iodio è rappresentata dalla clorammina-T, prodotto commercializzato in polvere, da sciogliere in acqua per ottenere una concentrazione del 1-2% (10-20 g/litro); nella soluzione possono essere immerse le nasse ed i retini per almeno 10 minuti e successivamente risciacquati con acqua di rubinetto.

Per la disinfezione di forbici e pinzette utilizzate per il prelievo di campioni di tessuto da gamberi vivi può essere impiegata la soluzione di iodofori già citata, o in alternativa una soluzione diluita (100 ppm di cloro libero) di ipoclorito di sodio (candeggina per uso domestico al 5%). In quest'ultima, preparata aggiungendo 2-3 ml di prodotto commerciale ad 1 litro di acqua di rubinetto, si immerge lo strumentario per almeno 30 secondi.

CAMPIONAMENTO IN PRESENZA DI MORTALITÀ

In caso di sospetto focolaio di peste in una popolazione autoctona di gamberi di fiume, il campione di crostacei da prelevare e sottoporre ad analisi dovrebbe idealmente essere costituito da:

- gamberi moribondi sintomatici

- gamberi morti in buono stato di conservazione
- gamberi vivi e apparentemente sani (se presenti)

Gli esemplari prelevati vivi dovrebbero essere inviati al laboratorio entro 12-24 ore, in contenitori di polistirolo forati, mantenuti umidi (con giornali o materiali vegetali bagnati) e ad una temperatura compresa tra 7 e 25 °C (nel periodo estivo i contenitori vanno refrigerati con siberine, che non devono tuttavia trovarsi a contatto diretto con i gamberi).

Gli esemplari prelevati morti possono essere inviati congelati oppure fissati in etanolo 70° o assoluto (non metilato) con rapporto campione:fissativo minimo di 1:3.

È buona norma, inoltre, rimuovere le rimanenti carcasse di gamberi dalla sede del focolaio, raccogliendole in contenitori disinfettati esternamente, e conferendole all'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie, sede di Basaldella di Campofornido (Udine) ai fini dello smaltimento per termostruzione. Trattandosi di malattia soggetta a notifica secondo quanto previsto dalla OIE (World Organization for Animal Health) è infine importante informare il settore veterinario competente territorialmente.

SORVEGLIANZA EPIDEMIOLOGICA

Monitorare periodicamente le popolazioni di gamberi nei bacini fluviali risulta importante per conoscere non solo la consistenza delle popolazioni in una determinata area e l'eventuale presenza di specie aliene, ma anche la diffusione di patogeni, individuando precocemente nuovi focolai di peste del gambero, definendo l'estensione della zona infetta e valutando i siti di ripopolamento.

La sorveglianza può basarsi su tre metodi, adottati in ragione del rischio (presenza di gamberi alieni, episodi precedenti di peste):

- l'osservazione del comportamento e dei fenomeni di mortalità di gamberi nel bacino considerato;
- il monitoraggio periodico dello stato sanitario di popolazioni di gamberi in differenti siti tramite analisi di laboratorio (attività svolta in collaborazione con IZSVE);
- l'impiego di gamberi sentinella in bacini precedentemente infetti o comunque sospetti.

La sorveglianza risulta di fondamentale importanza nei casi di ripopolamento di bacini con precedenti episodi di afanomicosi. Il ripopolamento di un corso d'acqua deve avvenire solo dopo l'eliminazione certa del patogeno, cosa non sempre facilmente attuabile nella realtà di campo. Le indicazioni riportate in letteratura consigliano di attendere almeno tre mesi dall'eliminazione di tutti i gamberi presenti nell'area soggetta a mortalità, sia di specie autoctone che aliene, verificata tramite catture. È intuibile che gli esemplari reinseriti devono essere sani (*disease free*).

CONTROLLO DELLE MOVIMENTAZIONI

Prevenire la movimentazione di gamberi infetti e la diffusione del patogeno rappresenta uno dei punti cruciali, soprattutto in caso di focolaio di peste accertato o sospetto tale.

Il corso d'acqua coinvolto deve essere identificato e monitorato nel suo decorso verso valle e vanno applicate misure di restrizione della movimentazione di gamberi vivi da e verso l'area interessata da mortalità. Sarebbe inoltre opportuno il blocco della pesca sportiva nell'area del focolaio e nelle aree limitrofe.

GESTIONE DEI CENTRI DI RIPRODUZIONE

Nella scelta di siti dove ospitare riproduttori di *A. pallipes* destinati alla produzione di giovanili per il ripopolamento, dovrebbe essere considerata la presenza, nelle vicinanze, di specie di gamberi aliene possibili portatrici di peste.

Per le strutture che si approvvigionano direttamente da acque superficiali, fermo restando che questa tipologia d'impianto sarebbe preferibilmente da evitare, va esclusa la presenza di popolazioni di gamberi aliene a monte del punto di prelievo e impedita la loro risalita da valle mediante l'applicazione di griglie o altri ostacoli meccanici.

È necessario prevenire l'introduzione di gamberi potenzialmente infetti, di acqua e attrezzature contaminate. Vanno acquisiti riproduttori provenienti da aree indenni, dove non sia presente *P. clarkii*, ed eseguiti tempestivamente i necessari accertamenti diagnostici in caso di mortalità nel centro di riproduzione. Inoltre, risulta opportuno sottoporre ad adeguato trattamento termico il pesce eventualmente utilizzato come alimento per i gamberi, se di origine incerta o proveniente da aree dove siano presenti gamberi aliene. Tutti i materiali vegetali utilizzati in impianto (per offrire riparo ai giovanili e per integrarne la dieta artificiale, o per qualsiasi altro scopo) devono essere prelevati in bacini dove non siano presenti gamberi aliene o meglio ancora coltivati in impianto.

È anche consigliata l'applicazione di misure di biosicurezza quali:

- la recinzione del sito;
- la disinfezione dei mezzi di trasporto all'ingresso della struttura;
- l'uso di bagni podalici all'ingresso della struttura (iodofori) e tra i vari settori dell'impianto, con sostituzione settimanale delle soluzioni;
- in alternativa ai bagni podalici l'uso di calzari monouso.

All'inizio del ciclo di allevamento le vasche vanno opportunamente disinfettate. Allo scopo si possono utilizzare:

- iodofori 500 ppm;
- ipoclorito > 100 ppm o clorammina-T 1-2%, con trattamento del circuito idraulico a fine ciclo.

Per la pulizia di routine delle vasche in impianto è opportuno fornire ciascuna di esse con guadini e spazzole dedicati. Se

la stessa attrezzatura dovesse essere utilizzata in più vasche, andrà immersa preventivamente in soluzione disinfettante (iodofori) per alcuni minuti e risciacquata con acqua pulita prima dell'uso. Dopo l'uso l'attrezzatura va riposta pulita in luogo asciutto o mantenuta immersa in soluzione disinfettante.

CONFERIMENTO DEI CAMPIONI DI GAMBERO DELLA LOUISIANA (*P. clarkii*)

Gli esemplari prelevati giornalmente nel medesimo sito di campionamento devono essere congelati (-20 °C) appena possibile o in alternativa refrigerati in contenitori di plastica chiusi (contenitori istologici) indicando sul coperchio con pennarello indelebile:

- la data di cattura;
- il codice del sito di campionamento;
- il numero di esemplari.

Al termine del prelievo dall'area in questione gli animali devono essere consegnati all'Istituto Zooprofilattico delle Venezie, Via della Roggia, 100 - 33030 Basaldella di Campofornido (UD), che provvederà a stocarli e ad inviarli alla sede di Adria (RO) per le analisi di laboratorio.

PREPARAZIONE DELLE SOLUZIONI DISINFETTANTI

Ipcloclorito di sodio (100 ppm)

Candeggina al 5% per uso domestico: 5% = 5 g/dl = 50.000 mg/l = 50.000 ppm cloro libero

Per ottenere un litro di soluzione a 100 ppm devo applicare la seguente proporzione:

$50.000 : 1.000 = 100 : X$ (dove X è la quantità di candeggina al 5% che devo diluire in un litro di acqua)

$(1.000 \cdot 100) / 50.000 = 2$ ml di candeggina 5% in un litro di acqua di rubinetto (misurare il prodotto puro con una siringa)

Iodofori (500 ppm)

Zoodyn: 1,75% iodio = 1,75 g/dl = 17.500 mg/l = 17.500 ppm iodio attivo

Per ottenere un litro di soluzione a 500 ppm devo applicare la seguente proporzione:

$17.500 : 1.000 = 500 : X$ (dove X è la quantità di Zoodyn che devo diluire in un litro di acqua)

$(1.000 \cdot 500) / 17.500 = 28,57 \cong 30$ ml di Zoodyn in un litro di acqua di rubinetto (misurare il prodotto puro con un contenitore graduato)

BIBLIOGRAFIA

- Alderman, D.J., Polglase, J.L., (1986). *Aphanomyces astaci*: isolation and culture. *Journal of Fish Disease*, 9: 367–379.
- Alderman, D.J., Polglase, J.L. & Frayling, M., (1987). *Aphanomyces astaci* pathogenicity under laboratory and field conditions. *Journal of Fish Disease*, 10: 385–393.
- Alderman, D.J., (1996). Geographical spread of bacterial and fungal diseases of crustaceans. *Reviews Science and Technology Office International Epizootology*, 15(2): 603-632.
- Australian Aquatic Veterinary Emergency Plan, Disease Strategy Crayfish plague, (2005).
- Cornalia, E., (1860). Sulla malattia dei gamberi. *Atti della Società Italiana delle Scienze Naturali*, 2: 334-336.
- Cammà C, Ferri N, Zezza D, Marcacci M, Paolini A, Ricchiuti L, Lelli R. (2010). Confirmation of crayfish plague in Italy: detection of *Aphanomyces astaci* in white clawed crayfish. *Diseases of Aquatic Organisms*. 89(3): 265-268.
- Oidtmann, B., Heitz, E., Rogers, D. & Hoffmann, R.W., (2002). Transmission of crayfish plague. *Diseases of Aquatic Organisms*, 52: 159–167.
- Oidtmann, B., Thrush, M., Rogers, D. & Peeler, E., (2005). Pathways for transmission of crayfish plague, *Aphanomyces astaci*, in England and Wales. Meeting of the Society for Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine. Nairn, Inverness, Scotland, 30.03.-01.04.05, Poster.
- Oidtmann, B., Geiger, S., Steinbauer, P., Culas, A. & Hoffmann, R.W., (2006). Detection of *Aphanomyces astaci* in North American crayfish by polymerase chain reaction. *Diseases of Aquatic Organisms*, 72: 53–64.
- Quaglio, F., Vendramin, N. & Manfrin, A., (2011). *Le principali patologie dei crostacei d'acqua marina e dolce*. In I CROSTACEI: biologia, produzione, patologie e commercializzazione. Editore Università degli Studi di Udine. Tipografia Pellegrini-Il Cerchio, Udine. *In stampa*.
- Schikora, F., (1903). Über die Krebspest und ihren Erreger. *Fischerei Zeitung*, 6: 353-355.
- Taugbøl, T., Skurdal, J. & Håstein, T., (1993). Crayfish plague and management strategies in Norway. *Biological Conservation* 63: 75-82.
- Unestam, T., (1973). Fungal diseases of Crustacea. *Rev. Med. Mycol.*, 8: 1-20.
- Unestam, T., (1976). Defense reactions in and susceptibility of Australian and New Guinean freshwater crayfish to European-crayfish-plague fungus. *Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science* 53: 349-359.
- Viljamaa-Dirks, S., Heinikainen, S., Nieminen, N., Vennerström, P. & Pelkonen S., (2011). Persistent infection by crayfish plague *Aphanomyces astaci* in a noble crayfish population, a case report. *Bull. Eur. Assoc. Fish. Pathol.* 31:182-188.



BIOLOGIA DEI GAMBERI DI ACQUA DOLCE

BIOLOGY OF CRAYFISHES

– Chiara Manfrin & Piero Giulianini –

Università di Trieste
Dipartimento di Scienze della Vita
Via L. Giorgieri, 5 (edificio Q) - 34127 Trieste
email cmanfrin@units.it, giuliani@units.it

RIASSUNTO

La biologia e la fisiologia dei Crostacei costituiscono un complesso universo di studio. Qui vengono presentate le principali caratteristiche del gruppo in riferimento alle soluzioni adattative che questi organismi hanno sviluppato nel corso dell'evoluzione. La presenza di un esoscheletro rigido e le modalità di accrescimento, le strategie riproduttive, la regolazione ormonale dello sviluppo gonadico, la modulazione ormonale e feromonale del ciclo e dei comportamenti riproduttivi, l'impiego nel biomonitoraggio, sono alcuni dei temi sviluppati. Vengono infine affrontate le problematiche legate all'arrivo e alla diffusione di specie aliene invasive, quali *Procambarus clarkii*, confrontandone le strategie riproduttive con quelle dei gamberi nativi al fine di comprendere e contrastare i punti di forza del gambero rosso, competitore vincente dei gamberi autoctoni in Friuli Venezia Giulia.

SUMMARY

The biology and physiology of crustaceans constitute a complex universe of study. The main features found in crustaceans in relation to adaptive solutions they were able to develop during evolution are considered in this paper. The presence of a rigid exoskeleton and the growing processes, the reproductive strategies, the hormonal regulation of gonadic development, the hormonal and pheromonal modulation of the reproductive cycle and behaviors, the use in biomonitoring, are some of the discussed issues. Furthermore, the problems related to the arrival and spread of invasive alien species, such as *Procambarus clarkii*, are analysed. The reproductive strategies of the Louisiana red swamp and the European crayfishes are compared to understand and fight back the strong points of the American crustacean, winning competitor of native crayfishes in Friuli Venezia Giulia.

I CROSTACEI

Da un punto di vista tassonomico i gamberi sono Crostacei, categoria che incorpora animali caratterizzati da un'enorme diversità strutturale ed è rappresentata da circa 50.000 specie (descritte). Insieme agli insetti, con i quali hanno molte affinità in comune, i Crostacei costituiscono il raggruppamento animale in assoluto più vasto, con più di 1.000.000 di specie, denominato Pancrostacei. Solo per citare la varietà nelle dimensioni, si trovano Crostacei parassiti più piccoli di 0,1 mm e Crostacei come il granchio giapponese che presentano un'apertura delle zampe che può arrivare a 4 m. L'astice americano pesa meno di 0,1 g alla schiusa e può raggiungere i 10 Kg, con un aumento di più di 100.000 volte. I Crostacei sono gli Artropodi (la parola è riferita a invertebrati che hanno arti provvisti di articolazioni) predominanti nell'ambiente acquatico, sia nei mari che nelle acque interne. Il loro enorme successo e la loro diffusione sono dovuti principalmente alla presenza di un esoscheletro formato da una cuticola contenente alfa-chitina, che può essere sottile e flessibile, o molto rigida, con piastre dette scleriti. Questa armatura permette un'efficace protezione, così come lo sviluppo di appendici articolate particolarmente efficaci per la difesa e la predazione. Il problema di questa "corazza" è che una volta prodotta non può essere ingrandita e tutti gli Artropodi devono regolarmente cambiare la cuticola con mute successive per poter crescere. Al contrario di altri animali con scheletro interno, che presentano una crescita "non artropodiale", continua nel tempo (come gli esseri umani ad esempio), i gamberi presentano una crescita "apparente" nel periodo della muta, quando costruiscono una nuova cuticola, più grande, all'interno della quale possono accrescere i tessuti interni molli fino a riempire lo spazio disponibile, per poi mutare nuovamente (Figura 1). Un po' come le automobili che usiamo nell'arco della nostra vita: quando siamo soli o in coppia è sufficiente una piccola due posti, se nascono dei figli bisogna acquistare una macchina più grande per avere maggior spazio e qualche volta passare a una grande familiare se la famiglia, e le esigenze di spazio, crescono ancora. Così i gamberi, dopo aver abbandonato la vecchia "corazza", si gonfiano di acqua e dilatano il nuovo esoscheletro (anche del 20% in lunghezza), per poi

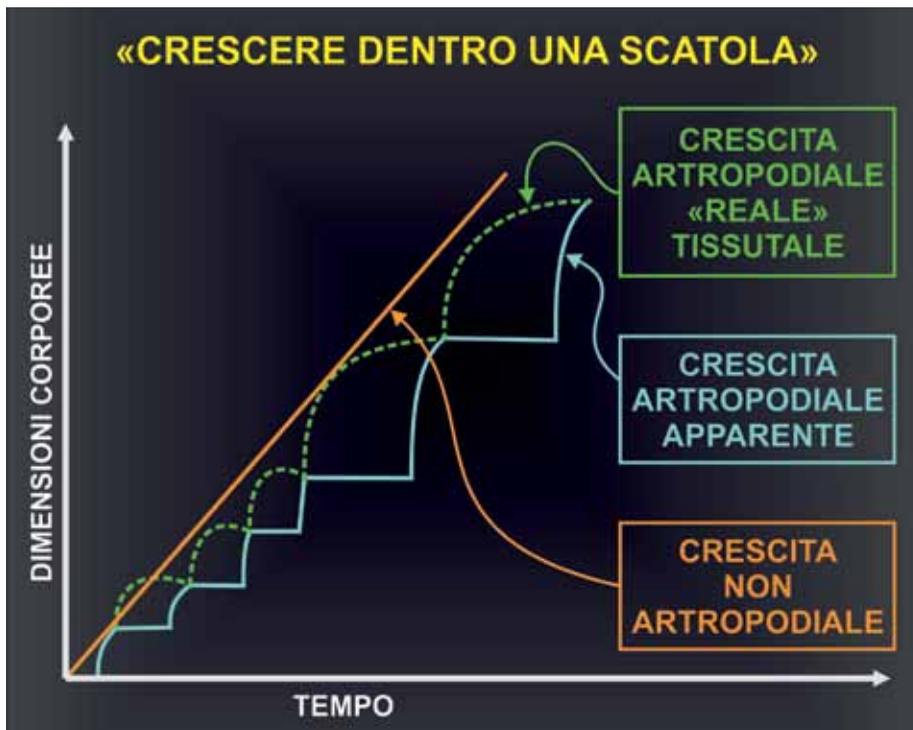


Figura 1 Confronto tra crescita “non artropodiale” continua e crescita artropodiale apparente discontinua.

indurirlo (fenomeno di sclerotizzazione). Tra l'altro, rispetto agli insetti che vivono in ambiente subaereo e che devono rimanere leggeri, i Crostacei che vivono in acqua, e sfruttano la spinta di Archimede, si possono permettere una corazza più robusta, pesante, indurita per la presenza di carbonati di calcio (avete mai provato a rompere una chela di astice?). Per le specie marine il reperimento di calcio non è un problema ma per i gamberi di acqua dolce può esserlo. Per questo motivo prima della muta il calcio dell'esoscheletro viene recuperato per costruire due “bottoncini” di carbonato di calcio, detti gastroliti, che si trovano ai lati dello stomaco. Nella Figura 2 sono osservabili alcuni gastroliti estratti da gamberi nel

periodo che precede la muta; più il gastrolite è grande, più la muta è vicina.

Subito dopo la muta i gastroliti collassano nello stomaco, il calcio viene riassorbito ed è disponibile per l'indurimento del nuovo esoscheletro. Alcuni ricercatori usano le radiografie per valutare la presenza e la dimensione dei gastroliti per capire quando un gambero effettuerà la prossima muta. Tutti i complessi cambiamenti fisiologici e comportamentali legati alla muta sono controllati da ormoni, tra cui i più importanti sono gli MH (Moulting Hormones, o ormoni stimolatori della muta) e i MIH (Moulting Inhibiting Hormones, o ormoni inibitori della muta). I primi sono rappresentati da un gruppo di steroidi

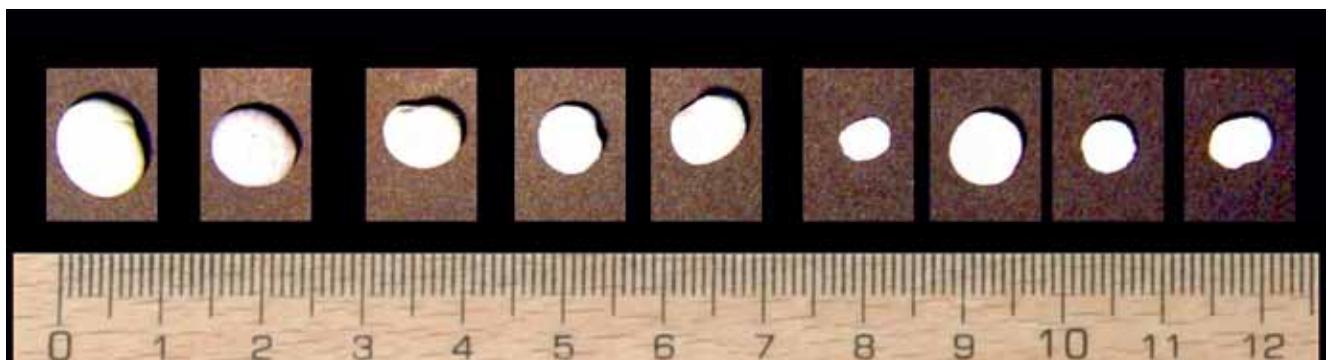


Figura 2 Aspetto e dimensioni di gastroliti prelevati da gamberi a vari stadi di pre-muta; a sinistra è presente il gastrolite di un gambero in procinto di iniziare il processo di muta.

collettivamente noti come ecdisoni e sono responsabili principalmente dell'avvio della pre-muta; vengono prodotti da una ghiandola endocrina nota col nome di ghiandola della muta, o organo Y, che ha sede nella cuticola interna in corrispondenza della camera branchiale anteriore. I secondi sono composti di natura peptidica e svolgono un'azione di inibizione della sintesi di ecdisteroidi da parte dell'organo Y; sono prodotti da un complesso ghiandolare (dallo strano nome di "organo X – ghiandola del seno") che si trova nel peduncolo oculare, vale a dire nella struttura bastoncellare che sostiene l'occhio vero e proprio. Il ciclo di intermuta, cioè la successione dei processi che precedono e seguono la muta, o ecdisi, o esuviazione (cioè la rimozione del vecchio esoscheletro), è caratterizzato da momenti e atteggiamenti molto diversi tra loro. I gamberi, ad esempio, per alcune decine di ore dopo la muta, quando l'esoscheletro non è ancora completamente indurito, e l'animale risulta molle e vulnerabile, hanno un comportamento schivo e rimangono intanati in luoghi protetti.

ANATOMIA DEI DECAPODI

I gamberi sono:

- Crostacei Malacostraci (letteralmente "con corazza molle"),
- Decapodi (letteralmente "con dieci piedi"),
- Pleocyemata (letteralmente "che portano le uova sulle appendici addominali").

Il loro corpo è suddiviso in 2 tagmi: **cefalotorace** e **pleon** (Figura 3).

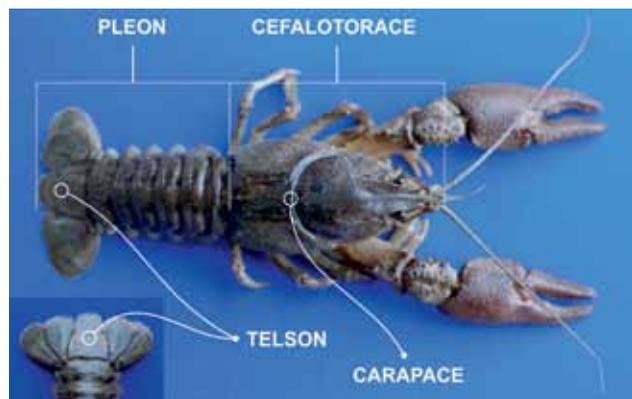


Figura 3 Visione dorsale di un esemplare di *Austropotamobius pallipes*. Sono messi in evidenza i 2 tagmi di suddivisione del corpo.

I segmenti del torace prendono il nome di **pereomeri**, quelli del pleon di **pleomeri**. Il capo forma una duplicatura che si fonde con i tergiti (piastre dorsali dei segmenti del corpo) dei pereomeri per formare il **carapace** che si estende fino alla base delle zampe lasciando due cavità laterali tra sé e la parete del corpo al cui interno sono situate le branchie. L'acqua entra alla

base delle zampe nelle due cavità branchiali ed esce al livello delle mascelle, grazie al ritmico movimento dell'esopodite delle seconde mascelle che prende il nome di **scafognatite**. Le prime tre appendici anteriori del cefalotorace prendono il nome di **massillipedi** e sono usate per l'assunzione del cibo. Le successive cinque paia sono le "zampe" e prendono il nome di **pereopodi** (Figura 4).

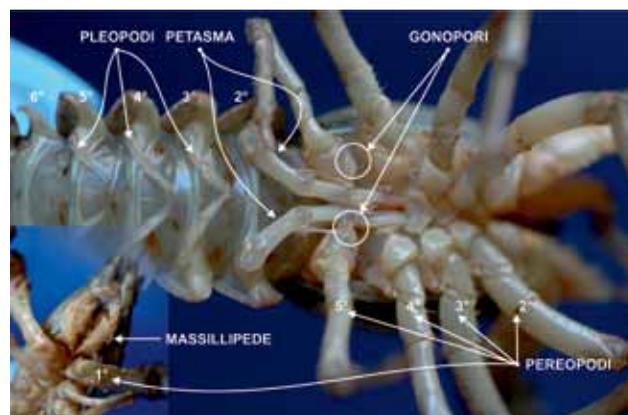


Figura 4 Visione ventrale di un maschio di *Austropotamobius pallipes*. Sono messi in evidenza alcune appendici e i gonopori. Si noti il petasma che si allunga anteriormente sugli sterniti del preeon.

Nei gamberi il primo paio di pereopodi è specializzato in forma di robuste **chela**. Le appendici del pleon prendono il nome di **pleopodi**. Le due paia anteriori di pleopodi formano nel maschio dei gamberi il **petasma** che funge da gonopodio per il trasferimento delle spermatofore sugli sterniti (piastre ventrali dei segmenti del corpo) della femmina durante l'accoppiamento ed è la caratteristica più evidente di dimorfismo sessuale e quindi estremamente utile per sessare i gamberi in campo (Figura 4).

I pleopodi della femmina sono tutti strutturalmente simili e vengono utilizzati per farvi aderire le uova dopo la deposizione. Da un punto di vista tassonomico i gamberi infatti appartengono al gruppo **Decapodi** (presentano 5 paia di pereopodi, o arti per il movimento) e a quello **Pleocyemata** proprio per la loro caratteristica di fare aderire le uova fecondate alle appendici del pleon, i pleopodi. Un'altra importante differenza tra maschi e femmine è la localizzazione delle aperture esterne delle gonadi, dette **gonopori**. Nei maschi i gonopori sono situati alla base dell'ultimo paio di zampe (Figura 4), mentre nelle femmine si aprono in corrispondenza del terzo paio di pereopodi. Inoltre, le femmine dei Cambriidi (gamberi americani) presentano un ricettacolo seminale sugli ultimi sterniti del cefalotorace che si presenta come un disco ispessito al centro delle ultime due paia di pereopodi denominato "annulus ventralis".

In Tabella 1 è schematizzata la suddivisione del corpo di un Decapode con le appendici delle varie regioni.

REGIONI DEL CORPO	SEGMENTI	APPENDICI
capo o <i>cephalon</i>	5	1° paio antenne
		2° paio antenne
		mandibole
		1° paio mascelle
		2° paio mascelle
pereon	8 (pereomeri)	1° paio massillipedi
		2° paio massillipedi
		3° paio massillipedi
		1° paio pereopodi (chele)
		2° paio pereopodi
		3° paio pereopodi
		4° paio pereopodi
		5° paio pereopodi
pleon	6 (pleomeri)	1° paio pleopodi
		2° paio pleopodi
		3° paio pleopodi
		4° paio pleopodi
		5° paio pleopodi
		uropodi
telson	1	-

Tabella 1 Schema delle regioni del corpo e delle relative appendici di un crostaceo Decapode.

GAMBERI DI ACQUA DOLCE: ADATTAMENTI

Nella condizione originaria, i Decapodi presentano uno sviluppo post-embriale (dalla schiusa dell'uovo in poi) caratterizzato da varie fasi larvali:

- nauplius
- protozoa
- zoea
- metazoea
- postlarva

Si tratta di fasi in gran parte planctoniche, cioè trasportate passivamente dalle correnti, estremamente utili in ambiente marino ai fini della dispersione. I grandi astici adulti, ad esempio, sono animali stanziali, che si muovono poco nell'intorno della tana, ma i loro piccoli, in forma di larve planctoniche da poco schiuse possono colonizzare zone anche molto lontane rispetto a quelle in cui sono nati. È adattativa una modalità di dispersione di questo tipo in animali che vivono in acque correnti come i gamberi d'acqua dolce? Evidentemente no, infatti tutte le larve sarebbero inevitabilmente trasportate verso la foce dei fiumi. I gamberi di fiume, adattati ad ambienti con acque correnti, presentano infatti, rispetto ai loro cugini di mare, uova molto più grandi (in *Austropotamobius italicus*

si può arrivare anche a 4 mm di diametro), le fasi planctoniche non sono presenti e alla schiusa i giovanili sono molto simili agli adulti. Essi rimangono attaccati ai pleopodi della madre mediante un filamento formato da residui di cuticola embrionale, adesa al telson del giovanile da una parte e al guscio dell'uovo dall'altra (guscio che è ancora attaccato ai pleopodi). Quando il filamento si spezza i giovanili rimangono agganciati ai pleopodi della madre con le chele del primo paio di pereopodi che sono uncinati. Le cure parentali possono ulteriormente protrarsi in alcune specie (sono state descritte nei Cambaridi), dove i giovanili pascolano vicino alla madre, ma al più piccolo segno di pericolo vanno a rifugiarsi sotto il pleon.

CONTROLLO ORMONALE DELLA RIPRODUZIONE

La regolazione della maturità ovarica (e testicolare) nei Decapodi è essenzialmente di tipo inibitorio, governata da un ormone chiamato GIH (Gonad Inhibiting Hormone, o ormone inibitore delle gonadi) che blocca lo sviluppo delle gonadi. Negli impianti di acquacoltura che producono gamberi marini, ad esempio, è ancora in uso in tutto il mondo la tecnica dell'ablazione del peduncolo oculare, che consiste nella rimozione di uno dei due peduncoli oculari nelle femmine destinate alla produzione di uova. Poiché il peduncolo oculare è la sede

del complesso ghiandolare responsabile della produzione e dell'accumulo del GIH, la sua rimozione (per quanto parziale, limitata cioè ad uno soltanto dei due peduncoli oculari) ha come effetto l'accelerazione e la sincronizzazione (nel caso di un pool di riproduttori) del processo maturativo. Questo aspetto è particolarmente rilevante in una delle azioni di RARITY che ha come obiettivo l'eradicazione del gambero rosso della Louisiana. Sono previste infatti la sintesi chimica e la somministrazione del GIH, per mezzo di esche, ai gamberi rossi che abbiano invaso l'ambiente naturale, in modo da bloccare la maturità sessuale e ridurre la capacità riproduttiva.

BIOLOGIA DI AUSTROPOTAMOBIOUS PALLIPES COMPLEX

Austropotamobius pallipes complex è una specie europea (o più probabilmente un complesso di specie e sottospecie) presente in acque, generalmente correnti, fino ad un'altitudine di 1400 metri sulle Alpi (Figura 5).

Le acque in cui vive devono essere poco inquinate ed avere un sufficiente contenuto in calcio. Sebbene possa tollerare fluttuazioni di temperatura ed ossigeno e qualche volta anche bassi livelli di inquinamento, eutrofizzazione e acidificazione, è in genere identificata come una specie indicatrice di buona

qualità dell'ambiente acquatico (soprattutto per quanto attiene alla presenza di pesticidi). La specie è sensibile alla peste dei gamberi, provocata dal fungo *Aphanomyces astaci*. Di abitudini generalmente notturne, è caratterizzata da una crescita lenta che le consente di raggiungere 9 cm di lunghezza totale e 40 g di peso in cinque anni o più a seconda delle latitudini. Può vivere fino a 10 anni e presenta un aumento della dimensione lineare di circa il 10% ad ogni muta. Gli animali che non hanno ancora raggiunto la maturità sessuale mutano più volte nell'arco dell'anno. I maschi maturi mutano 2 volte, all'inizio e alla fine dell'estate; le femmine mature solamente a fine estate. I gamberi raggiungono la maturità sessuale generalmente al terzo anno di vita, ma anche questo aspetto è legato alla temperatura dell'acqua che dipende da latitudine e altitudine. La lunghezza totale (misurata dalla punta del rostro a quella del telson, o coda) minima di animali sessualmente maturi varia da 40 a 55 mm e corrisponde ad una lunghezza del carapace (misurata invece dalla punta del rostro al bordo posteriore del cefalotorace) di 20-25 mm. L'accoppiamento avviene in autunno: dopo alcune ore la femmina depono le uova e queste, fuoriuscendo dai pori genitali, sono imbrigliate entro una matrice gelatinosa e fatte aderire ai pleopodi (la matrice è una sostanza mucosa adesiva prodotta dalle cosiddette ghiandole del cemento). Le femmine sessualmente mature si riconoscono dall'evidente sviluppo delle **ghiandole del**

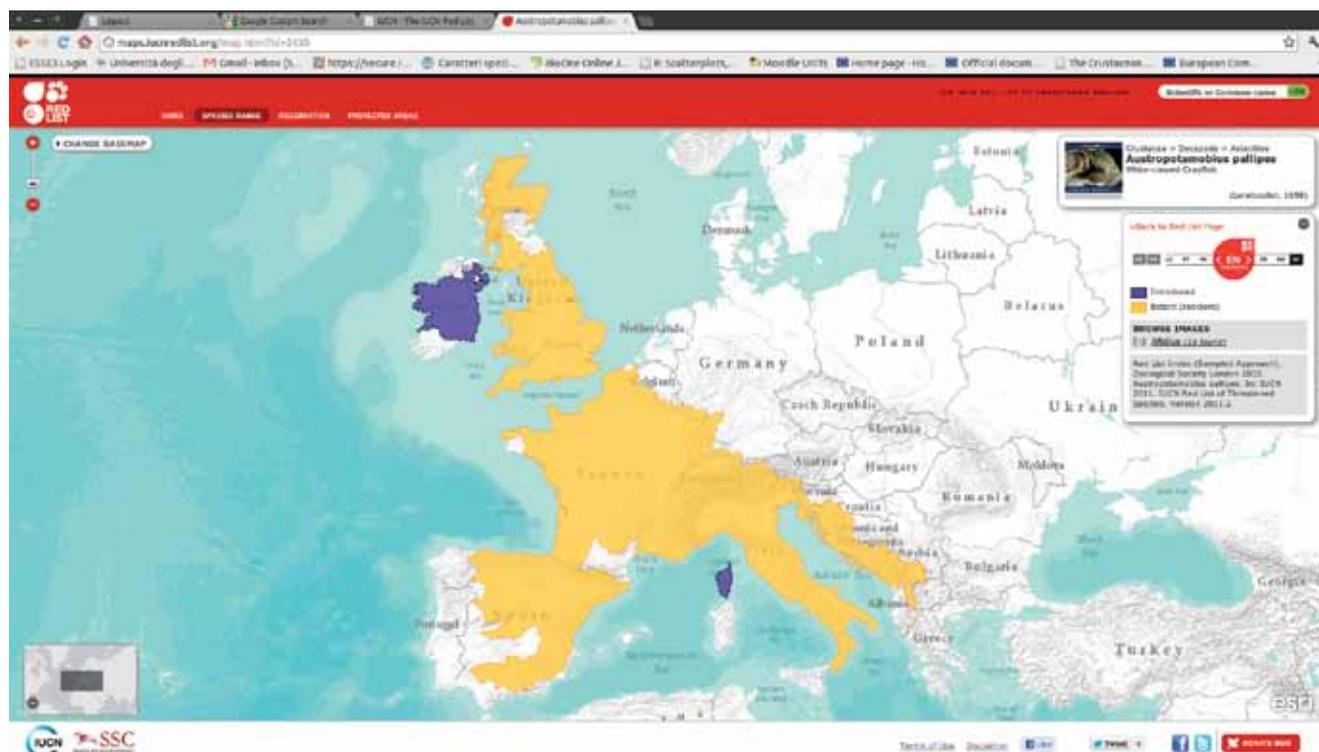


Figura 5 Distribuzione di *Austropotamobius pallipes* complex. L'areale originario è indicato in giallo, in viola l'areale di introduzione (da <http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=2430>).

cemento; esse si presentano sul lato ventrale del pleon come estese zone bianco-grigiastre che dal centro degli sterniti vanno ad estendersi alla base dei pleopodi. Sono inoltre presenti sul lato ventrale degli uropodi. La femmina sessualmente ricettiva rilascia feromoni per attrarre il maschio. Femmine che si sono già accoppiate presentano ventralmente, in mezzo alle ultime 3 paia di pereopodi, delle strutture biancastre che sono le spermatofore depositate dal maschio durante l'accoppiamento. Le uova vengono deposte poco dopo l'accoppiamento e fecondate dagli spermatozoi rilasciati dalle spermatofore che, durante la fuoriuscita delle uova, la femmina strofina con il quinto paio di pereopodi. La femmina incurva l'addome formando una cavità dove uova e sperma sono rimescolati da una corrente d'acqua dovuta al battito dei pleopodi. Le uova vengono fatte aderire a specifiche "sete" dei pleopodi grazie al muco adesivo prodotto dalle ghiandole del cemento. Le femmine che hanno deposto si riconoscono per la presenza di uova adese ai pleopodi e vengono indicate con il termine di "femmine ovigere". Le larve alla schiusa misurano intorno a 6-8 mm (lunghezza totale) e rimangono adese all'addome della femmina fino alla seconda muta. Dopo il rilascio dei giovanili la femmina, che è rimasta per lo più in luoghi riparati, riprende un comportamento attivo e normale. In Normandia, femmine che presentano ghiandole del cemento a metà ottobre sono mature e incominciano a deporre nella seconda quindicina dello stesso mese (Neveu,

2007); in 2 siti si sono trovate femmine mature in percentuali variabili tra il 16% e il 30% delle catture totali, con taglie minime alla maturità di 53-62 mm (Neveu, 2007).

DIMORFISMO SESSUALE

Rispetto alle femmine i maschi hanno chele più grandi e addome più stretto, ma sono identificabili soprattutto per la presenza dei gonopodi (petasma) (Figura 4).

LA RIPRODUZIONE IN ITALIA

Nelle acque del centro Italia la maturità sessuale è raggiunta a 23 mm di lunghezza del carapace per le femmine e a 27 mm per i maschi (Scalici e Gibertini, 2011). Il periodo dell'accoppiamento è maggiormente legato al fotoperiodo (rapporto tra ore di illuminazione diurna e di buio notturno) piuttosto che alla temperatura e in Italia ha luogo in novembre anche se in altre zone d'Europa può essere anticipato ad ottobre. Il periodo di schiusa è invece fortemente influenzato dalla temperatura dell'acqua: in Italia centrale la schiusa avviene principalmente in maggio ma in Nord Europa i giovanili possono essere rilasciati anche in agosto (Scalici e Gibertini,



Figura 6 Distribuzione di *Procamburus clarkii*. L'areale originario è indicato in giallo, in viola l'areale di introduzione (<http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=153877>).

2011). Le uova pleopodali presentano dimensioni variabili tra i 3,6 e i 4,0 mm di diametro (Scalici e Gibertini, 2011). Il loro numero varia da 20 a 120 circa, e cresce normalmente con la dimensione delle femmine; tuttavia, animali molto grandi hanno una fecondità ridotta presumibilmente in rapporto a fenomeni di senescenza (Scalici e Gibertini, 2011).

BIOLOGIA DI *PROCAMBARUS CLARKII*

Il gambero rosso della Louisiana è una specie nativa degli Stati Uniti centro-meridionali (Louisiana) e del Messico nord orientale (Figura 6).

Si tratta di una specie estremamente tollerante a condizioni dell'acqua non ottimali, che ben si adatta ad acque inquinate e ad un range di temperature molto ampio. È in grado di vivere in condizioni ambientali avverse e sopporta bene anche acque salmastre. In Inghilterra sopravvive in bacini che gelano durante l'inverno e in Spagna è stata trovata fino ad altitudini di 1200 m. Sopporta livelli di ossigeno estremamente bassi che compensa, uscendo dall'acqua, con ossigeno atmosferico. Presenta un dimorfismo ciclico che coinvolge lo sviluppo di caratteristiche sessuali secondarie nei maschi e nelle femmine. La "forma I" è tipica del periodo riproduttivo e la "forma II" di quello non riproduttivo. Questo dimorfismo ciclico non è presente nelle specie europee. Il gambero rosso si è adattato ad acque calde, ferme con periodici cicli di secche, nelle quali sopravvive scavando tane molto profonde

che possono essere più lunghe di 2 m. Durante la notte può muoversi fuori dall'acqua anche per distanze di 3 km. Questa sua resistenza ne fa una specie appetibile per fini acquacolturali e per questo motivo è stata introdotta in moltissimi paesi ed è ormai presente in America del Sud, Europa, Africa e Asia. È una specie tipicamente a strategia r (o selezione-r), caratterizzata cioè da ciclo di vita breve, crescita veloce e fecondità alta. In laboratorio vive fino a 4 anni ma in natura difficilmente supera i 18 mesi. Raggiunge la maturità sessuale a lunghezze totali variabili tra 6.0 e 12.5 cm. Il diametro delle uova pleopodali è di circa 0.4 mm, molto più piccolo di quello dei gamberi europei. I giovanili rimangono con la madre nella tana per un periodo fino a 8 settimane e devono completare 2 mute prima di potersi alimentare in maniera autonoma. Alcune specie di Cambaridi (gruppo tassonomico che comprende i gamberi d'acqua dolce del continente americano e al quale il gambero rosso della Louisiana appartiene) possono riprodursi partenogeneticamente (la riproduzione cioè può avvenire attraverso il regolare sviluppo di uova non fecondate) e recentemente in una specie è stata descritta la partenogenesi facoltativa (Buřič et al., 2011). Le femmine di questi gamberi, in assenza di maschi, possono deporre uova non fecondate che si sviluppano normalmente e quindi basta solo un esemplare per colonizzare nuovi ambienti. Il fenomeno, per adesso, non è stato descritto in *P. clarkii*, ma la sua presenza in specie filogeneticamente molto vicine suggerisce l'opportunità di indagini approfondite in tale direzione anche sul gambero rosso della Louisiana.

CARATTERISTICHE BIOCOMPORMENTALI	<i>Austropotamobius pallipes complex</i>	<i>Procambarus clarkii</i>
tolleranza a condizioni ambientali avverse	scarsa	buona
alimentazione	onnivoro	onnivoro opportunist
dimorfismo ciclico	assente	presente
maturità sessuale	tardiva, dal 3° anno	precoce
tempo necessario per raggiungere 40 g di peso in condizioni ottimali	5 anni	3 mesi (con temperatura superiore a 20 °C)
tempo necessario per raggiungere la maturità sessuale	almeno 3 anni	2-3 mesi (con temperatura superiore a 20 °C)
periodo di accoppiamento	novembre	tarda primavera-estate, inizio autunno (Spagna)
dimensione delle uova	3.6-4.0 mm di diametro	0.4 mm di diametro
uova pleopodali	20-120	100-600
periodo in cui è possibile trovare femmine ovigere o con giovanili	da novembre a giugno (in FVG)	tutto l'anno
tempo necessario allo sviluppo embrionale	almeno 5 mesi	2 settimane a 22 °C (si arresta sotto i 10 °C)
periodo di schiusa	aprile-agosto	tutto l'anno
sensibilità alla peste del gambero	si	no

Tabella 2 Principali caratteristiche di *Austropotamobius pallipes complex* e di *Procambarus clarkii*.

LA RIPRODUZIONE IN SPAGNA ED ITALIA

In Spagna sono stati descritti in vari ambienti picchi riproduttivi in primavera inoltrata-estate e all'inizio dell'autunno. La riproduzione è regolata principalmente dalla presenza di femmine mature in quanto i maschi sessualmente maturi sono presenti per periodi più lunghi.

Nel lago Trasimeno, la più piccola femmina con uova mature all'interno dell'ovario presentava una lunghezza totale di 7.6 cm, mentre la più piccola femmina ovigera misurava 9.3 cm (per una lunghezza del carapace di 4.7 cm). In Umbria, la maturazione degli ovari inizia in maggio, dopo il periodo della prima muta (aprile) e prosegue fino a luglio. Da agosto ad ottobre pressoché tutte le femmine adulte presentano ovociti maturi (marrone scuro) pronti per la riproduzione. Il periodo di massima maturità delle uova negli ovari coincide con temperature dell'acqua che variano dai 24.4 ai 28.8 °C (Dörr et al., 2006).

Le principali caratteristiche di *Austropotamobius pallipes* complex e di *Procambarus clarkii* sono riassunte in Tabella 2.

BIBLIOGRAFIA

- Buřič, M., Hulák, M., Kouba, A., Petrušek, A. & Kozák, P., 2011. A Successful Crayfish Invader Is Capable of Facultative Parthenogenesis: A Novel Reproductive Mode in Decapod Crustaceans. PLoS ONE 6(5): e20281. doi:10.1371/journal.pone.0020281.
- Dörr, A.J.M., La Porta, G., Pedicillo, G. & Lorenzoni, M., 2006. Biology of *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in Lake Trasimeno. BFPP - Bulletin Francais de la Peche et de la Protection des Milieux Aquatiques, (380-381), pp. 1155-1167.
- Neveu, A., 2007. Annual variability in reproduction of the white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*): implications for survival. Acta Oecologica, 32 (1), pp. 67-76.
- Scalici, M., Gibertini, G., 2011. Reproduction in the threatened crayfish *Austropotamobius pallipes* (Decapoda, Astacidae) in the Licenza brook basin (central Italy). Italian Journal of Zoology, 78 (2).
- Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noèl, P.Y., Reynolds, J.D. & Haffner, P. (eds) 2006. Atlas of Crayfish in Europe. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 187 p. (Patrimoines Naturels, 64).





CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ GENETICA DI *AUSTROPOTAMOBIOUS PALLIPES* COMPLEX IN FRIULI VENEZIA GIULIA

CONSERVATION OF GENETIC BIODIVERSITY OF *AUSTROPOTAMOBIOUS PALLIPES* COMPLEX IN FRIULI VENEZIA GIULIA

– Alberto Pallavicini, Victoria Bertucci, Federica Piazza,
Chiara Manfrin, Paolo Edomi & Piero Giulianini –

Università di Trieste, Dipartimento di Scienze della Vita
Via L. Giorgieri, 5 (edificio Q) - 34127 Trieste
email pallavic@units.it

RIASSUNTO

La biodiversità riguarda la variabilità biologica che permette a tutti gli organismi di diversificare le proprie caratteristiche per meglio adattarsi ai diversi ecosistemi presenti nel nostro pianeta. La genetica di popolazione si avvale dell'utilizzo di specifici target molecolari che consentono lo studio della diversità delle popolazioni e la loro distribuzione geografica, anche tra individui morfologicamente molto simili. È quindi proprio questa branca della biologia che permetterà di individuare, all'interno della regione Friuli Venezia Giulia, la presenza o meno di caratteristici areali di distribuzione di eventuali sottospecie di *Austropotamobius pallipes* complex e l'individuazione dei riproduttori più idonei al ripopolamento delle zone dove questa specie è in declino.

SUMMARY

Biodiversity concerns the biological variability that allows all organisms to diversify their characteristics in order to better adapt to the different ecosystems on our planet. The population genetics uses specific molecular targets that enable the study of the diversity of populations and their geographical distribution, even among individuals morphologically very similar. This branch of biology will help us to identify, within the region Friuli Venezia Giulia, the presence or absence of characteristic areal distribution of any subspecies of *Austropotamobius pallipes* complex and identifying the most suitable breeders for restocking of the areas where this species is in decline.

INTRODUZIONE

Gli scopi principali del progetto supportato dalla comunità europea nell'ambito dello strumento finanziario Life Plus "NATURA E BIODIVERSITÀ" sono, come riassunto nell'acronimo RARITY, l'eradicazione del gambero rosso della Louisiana e la protezione del gambero di fiume della regione Friuli Venezia Giulia. Queste due specie appartengono a famiglie ben distinte: Cambaridae, il gambero rosso, e Astacidae, il locale gambero di fiume. Oltre alla distinzione tassonomica, originariamente queste famiglie mostravano una distribuzione geografica peculiare (Figura 1). I mutamenti di questa distribuzione geografica, e la diffusione di specie in aree diverse da quelle di origine sono già stati discussi all'interno di questo opuscolo didattico.

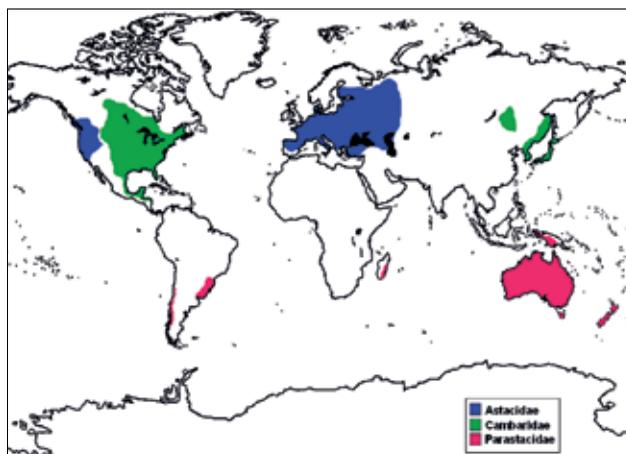


Figura 1 Distribuzione delle tre famiglie di gamberi d'acqua dolce Astacidae, Cambaridae e Parastacidae. Fonte: Tree of Life web project (<http://tolweb.org/Astacidea>).

Proprio nelle attività progettate per la preservazione del gambero bianco si inquadrano le analisi della popolazione nativa della regione Friuli Venezia Giulia con tecniche genetiche. Recentemente la sistematica di questa specie è stata oggetto

di discussione e attualmente si ritiene che sia divisa in due taxa: *A. pallipes* (Lereboullet, 1858) e *A. italicus* (Faxon, 1914). I confini geografici di questi due differenti raggruppamenti tassonomici (*A. pallipes* e *A. italicus*) però non sono stati ancora definiti ma a seguito delle analisi di filogeografia finora pubblicate faremo riferimento al gambero di fiume della regione Friuli Venezia Giulia come ad *A. italicus* (Grandjean, et al. 2002; Fratini, et al. 2005).

Lo stato dei gamberi d'acqua dolce autoctoni in Italia appare gravemente compromesso a causa del moltiplicarsi delle minacce alla loro sopravvivenza, in gran parte associate all'intervento antropico, nelle sue svariate forme, negli ultimi 50 anni. *A. italicus* è il gambero di fiume autoctono più diffusa in Italia. La sua distribuzione appare notevolmente contratta rispetto al secolo scorso, mentre le altre due specie di gamberi nativi di casa nostra, il gambero nobile, *Astacus astacus*, e il gambero di torrente, *Austropotamobius torrentium*, sono ad oggi rappresentate da un numero esiguo di popolazioni altamente minacciate. La diversità a livello genetico è riconosciuta come uno dei tre livelli ai quali si organizza la biodiversità, insieme a quelli di specie e di ecosistema, sia dal mondo scientifico, sia da chi si occupa di conservazione, come ad esempio la IUCN (Unione Internazionale per la Conservazione della Natura). Il mantenimento di adeguati livelli di variabilità genetica è infatti fondamentale per la persistenza a lungo termine delle popolazioni, poiché garantisce loro la possibilità di risposta agli inevitabili mutamenti ambientali.

LA GENETICA DELLA CONSERVAZIONE

Con il termine "genetica della conservazione" si intende la teoria e la pratica genetica per la conservazione di specie viste come entità dinamiche, capaci di evolversi per fronteggiare i cambi ambientali, allo scopo di minimizzarne il rischio di estinzione (Frankham et al. 2002). La genetica della conservazione è una disciplina relativamente recente ma si sta rapidamente evolvendo anche grazie al sempre più facile accesso alle tecniche di analisi genetica (Smith & Wayne 1996). Sebbene i fattori ecologici, economici e politici possano essere i principali fattori per evitare l'estinzione della maggior parte delle specie minacciate, la persistenza delle specie nel lungo termine, l'analisi genetica e le relative considerazioni sono diventati il fulcro degli sforzi per la conservazione delle specie animali e vegetali. Queste attività sono divenute possibili solo negli anni recenti grazie alle nuove tecniche di biologia molecolare che hanno facilitato gli studi genetici di specie minacciate (Hedrick 2001).

Come disciplina, la genetica della conservazione comprende anche la risoluzione di incertezze nella classificazione tassonomica e la definizione di unità gestionali. Le unità gestionali sono popolazioni all'interno della specie che possono essersi adattate ad ambienti specifici e che meritano trattamenti come unità distinte. Può anche includere la gestione genetica

di piccole popolazioni al fine di assicurarne un alto grado di diversità genetica, come pure l'utilizzo in ambito forense di risultati di analisi di genetica molecolare. In generale è anche utile per comprendere la biologia delle specie. La genetica della conservazione si focalizza sui processi evolutivi all'interno di piccole e frammentate popolazioni, con approcci pratici volti a minimizzare eventuali tendenze evolutive pericolose. Popolazioni di piccole dimensioni sono tipicamente la ragione principale della diminuzione o della perdita di diversità genetica, poiché un flusso genico ristretto previene lo scambio di varianti geniche (alleli) tra popolazioni frammentate (Frankham et al. 2002).

LA DIVERSITÀ GENETICA

La diversità genetica comprende tutta la gamma degli alleli e dei genotipi presenti in una popolazione o in una specie. Essa è tipicamente definita dalla misurazione del polimorfismo (la variabilità genica nella popolazione), dell'eterozigosità media (quanti individui della popolazione mediamente possiedono più di una variante genica nel loro DNA) e della diversità allelica. La diversità genetica può essere misurata analizzando diversi caratteri, inclusi tratti quantitativi, alleli deleteri, proteine, frammenti di DNA nucleare, il DNA di corpuscoli cellulari animali e vegetali quali mitocondri e cloroplasti (Hedrick 1999). Il mantenimento della diversità genetica è un obiettivo primario nella gestione di popolazioni (tanto selvatiche quanto in stato di cattività) di specie minacciate. Infatti, la perdita di diversità genetica, cioè l'erosione genetica, è spesso associata ad una ridotta capacità riproduttiva (Crnokrak and Roff 1999). Inoltre, la diversità genetica è la materia prima per cambiamenti evolutivi adattativi, e quindi un requisito indispensabile per l'evoluzione delle popolazioni a perché queste possano far fronte ai cambiamenti ambientali (Lande 1995). Il rischio di erosione genetica è più elevato in piccole popolazioni isolate a causa di fattori quali l'aumento della deriva genetica casuale, l'elevata fecondazione intraparentale e il ridotto scambio di geni (Gilpin 1991, Rajmann, et al. 1994, Hedrick 2001). Questo può essere il caso particolare in cui una popolazione unica e continua è stata frammentata in piccole sotto-popolazioni.

FRAMMENTAZIONE DELL'HABITAT

La perdita e la frammentazione di habitat a causa di interventi e di utilizzi del territorio di natura antropica sono considerate le minacce più importanti alla sopravvivenza delle specie. La vitalità di una specie può inoltre essere compromessa da eventi demografici, genetici o ambientali casuali, che risultano amplificati nel caso di piccole popolazioni (Holsinger 2000, Keller and Weller 2002).

Da un punto di vista genetico, la frammentazione degli habitat ha numerosi effetti sulla diversità e la struttura genetica

delle popolazioni. Un flusso genico ristretto, insieme a ridotte dimensioni della popolazione, porta alla differenziazione genetica delle popolazioni stesse e alla perdita di eterozigosità e di ricchezza allelica, causando la cosiddetta depressione da consanguineità. Consanguineità e perdita di diversità genetica sono in grado di diminuire la capacità delle popolazioni di rispondere ai cambiamenti ambientali a lungo termine, portando ad un aumento del rischio di estinzione (Keller and Weller 2002).

RARITY si propone di preservare, anzi di incrementare, la dimensione della popolazione di *Austropotamobius italicus* in Friuli Venezia Giulia.

ALLEVAMENTO IN CATTIVITÀ E REINTRODUZIONE

La già citata IUCN ha riconosciuto il contributo fondamentale dei programmi di allevamento in cattività in quanto essi ristabiliscono popolazioni in località ex situ sicure e procurano animali per i programmi di reintroduzione. La conservazione cosiddetta ex situ consiste infatti nel prelievo di specie minacciate o rare dal loro habitat naturale e nella successiva tutela delle stesse in luoghi appositamente predisposti. Inoltre, questi programmi educano ed impegnano le persone in rapporto alle problematiche della conservazione e contribuiscono a focalizzare gli sforzi di appassionati e scienziati per la raccolta di fondi necessari. Gli allevamenti sono anche uno strumento per le ricerche di base sulla biologia delle specie così protette e portano a conoscenze che possono essere applicate anche nel campo della conservazione in natura (o, appunto, in situ). Le attività di allevamento in cattività e di reintroduzione possono essere suddivise in numerose fasi.

La prima è rappresentata dagli studi genetici (preliminari ad ogni azione di conservazione) finalizzati alla valutazione nella popolazione selvatica considerata del tasso di declino, della dimensione che ha raggiunto, della perdita di diversità genetica e del corrispondente incremento di inincrocio (incroci tra consanguinei). I dati sulla consistenza e la distribuzione delle popolazioni del gambero di fiume in Friuli Venezia Giulia indicano che queste sono in declino (De Luise, 2006), tuttavia non sono mai state approntate specifiche campagne di censimento genetico. Per la costituzione di popolazioni da stabulare e riprodurre in cattività ai fini del ripopolamento e del rafforzamento degli stock selvatici è importante poter disporre di individui che contengano nel genoma la maggior parte della diversità genetica presente in natura, minimizzando nel contempo l'incrocio tra consanguinei. Per questi obiettivi il campione iniziale deve essere costituito da almeno 20-30 individui fondatori non imparentati e quindi meglio se provenienti da aree diverse anche se dello stesso bacino idrico. Bisogna tenere in considerazione che solo una frazione degli individui catturati nell'ambiente naturale si riprodurrà in cattività e quindi questo numero deve essere aumentato proporzionalmente. Fortunatamente il Friuli Venezia Giulia è considerato una sorgente di variabilità genetica del gambero di fiume tra le più significative in Europa e quindi l'azione di RARITY sarà facilitata nella scelta e nella costituzione di un pool di riproduttori adeguato.

La genetica può svolgere un ruolo importante anche nella fase di reintroduzione. Ad esempio, in ordine alla scelta dei siti in cui rilasciare i giovanili prodotti in avannotteria, che deve ricadere all'interno dell'areale di provenienza dei genitori. Inoltre, avendo a disposizione numerosi siti per la reintroduzione, si dovrebbe definire il numero di popolazioni

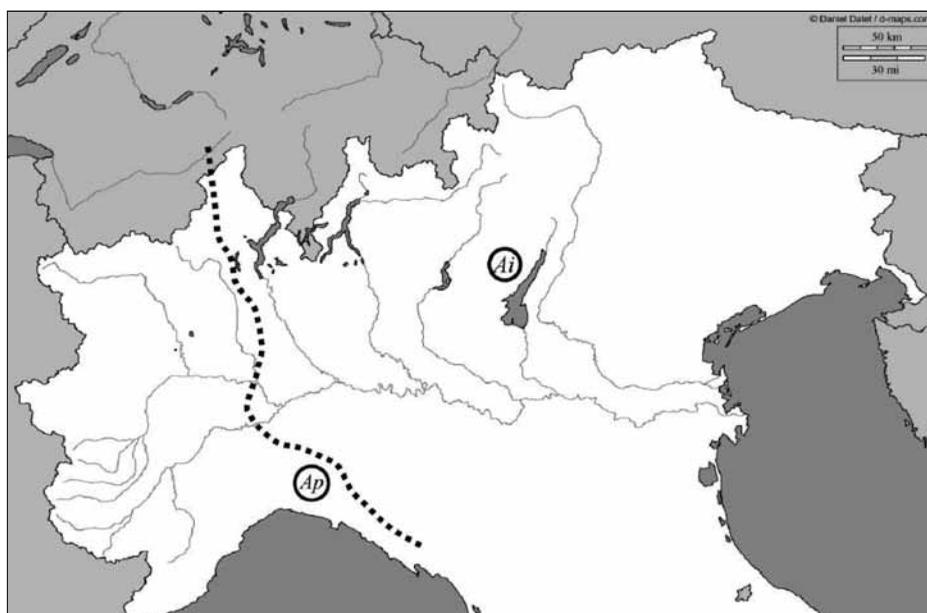


Figura 2 Linea di demarcazione tra la distribuzione geografica di *A. pallipes* (Ap) e *A. italicus* (Ai), da Ghia et al. 2011.

da creare in cattività cercando di massimizzare il numero di individui da reintrodurre.

LA STRUTTURA GENETICA DELLA POPOLAZIONE DI *A. ITALICUS* IN ITALIA

L'identità sistematica di *A. pallipes* è tuttora controversa e il taxon, cioè il raggruppamento tassonomico, è attualmente considerato, sulla base delle indicazioni fornite dai più recenti studi molecolari, come un complesso di specie e sottospecie (*A. pallipes* complex). Sono state infatti identificate 2 specie o linee evolutive geneticamente ben differenziate: *A. pallipes* e *A. italicus* (in realtà non è ancora stato deciso ufficialmente il nome per la seconda), entrambe presenti nel territorio italiano, la prima confinata nelle regioni nord occidentali, la seconda distribuita lungo l'intera penisola (Figura 2).

La diversità genetica delle popolazioni di gamberi autoctoni italiani è apparsa ancora più marcata quando l'analisi genetica si è estesa a popolazioni provenienti da varie regioni italiane. Il taxon *A. italicus* appare infatti costituito da quattro

sottospecie, *A. i. italicus* nell'appennino tosco-emiliano, *A. i. carsicus* nelle regioni nord-orientali, *A. i. carinthiacus* nelle regioni centrali e nord occidentali e *A. i. meridionalis* nelle regioni centro-meridionali (Grandjean, et al. 2002; Fratini, et al. 2005). Diversi studi genetici sono stati condotti negli ultimi anni sul gambero di fiume in Italia, in particolare nelle regioni nord-occidentali e centrali (Fratini, 2005; Cataudella, 2006; Stefani, 2011). Tali studi hanno evidenziato una struttura genetica diversificata e molto complessa su scala geografica. In Friuli Venezia Giulia d'altro canto ci sono numerosi ed approfonditi studi su biologia, ecologia, distribuzione e comportamento del gambero di fiume (De Luise, 2006), ma mancano del tutto studi e dati sulla genetica di questo complesso di specie. Già nei primi mesi di attività del progetto RARITY è stato possibile ottenere i primi dati genetici, riassunti nella rappresentazione cladistica di cui alla Figura 3. La tassonomia cladistica (dal greco **kládos**, che significa ramo) classifica gli esseri viventi in base al loro grado di parentela, ovvero alla distanza che li separa nel tempo dall'ultimo progenitore comune. È nota anche col nome di "sistemica filogenetica" e come si evince dall'immagine i campioni regionali analizzati si raggruppano

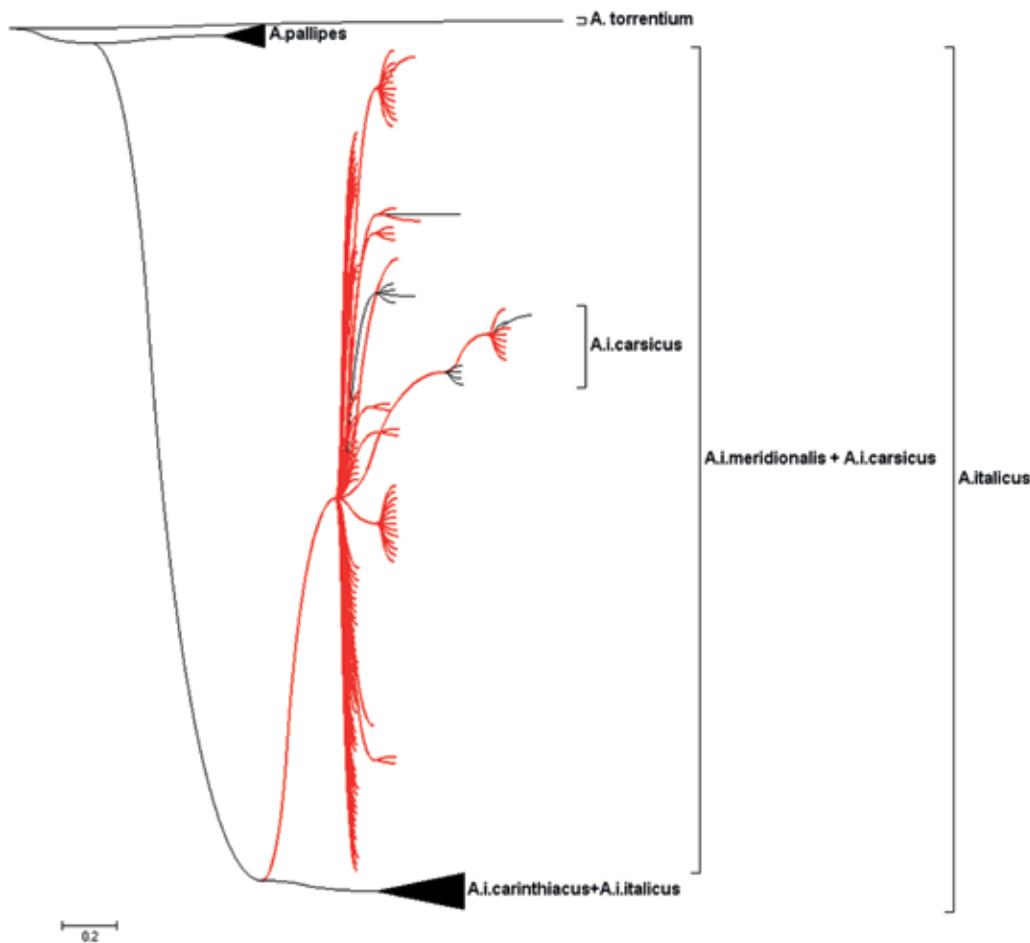


Figura 3 Analisi cladistica delle sequenze del 16S mitocondriale di *Austropotamobius pallipes/italicus*. Sono state utilizzate le sequenze pubbliche descritte in precedenti lavori (Grandjean et al., 2000; Zaccarà et al., 2004; Fratini et al., 2005; Cataudella et al., 2006; Pedraza et al., 2010) oltre a quelle ottenute dalle prime analisi svolte nell'ambito del progetto RARITY (in rosso). La sequenza di *A. torrentium* è stata utilizzata come sequenza esterna per orientare la rappresentazione cladistica.

in modo uniforme indicando quindi che le popolazioni sono isolate.

Notevole è l'informazione che queste popolazioni ci forniscono: gli esemplari analizzati mostrano similarità genetica con altri classificati come sottoclade *A. i. meridionalis*. In realtà, la nomenclatura con queste sottodivisioni, proposte nel 2005, dovrebbe essere rivisitata. Appare fondamentale focalizzare

l'attenzione sull'analisi genetica delle popolazioni gambericole friulane al fine di una loro corretta gestione. Quest'ultima infatti, mirata in primo luogo alla conservazione della biodiversità, ha tra le diverse priorità innanzitutto quella di identificare le specie e/o le sottospecie presenti nel territorio, tenendone nella dovuta considerazione la variabilità genetica ed il naturale isolamento riproduttivo.

BIBLIOGRAFIA

- Battistella, S., Zanni, G. & Vicentini, C., 2010. Indagini genetiche di linee riproduttive di Trota marmorata, *Salmo [trutta] marmoratus* (Cuvier, 1817), ceppo Isonzo e ceppo Tagliamento ai fini gestionali e di salvaguardia. *Studi Trent. Sci. Nat.*, 87: 73-76.
- Cataudella, R., Puillandre, N., Grandjean, F., 2006. Genetic analysis for conservation of *Austropotamobius italicus* populations in Marches Region (Central Italy). *Bull. Fr. Peche Piscic.* 380: 991-1000.
- Cataudella, R., Paolucci, M., Delaunay, C., Ropiquet, A., Hassanin, A., Balsamo, M. & Grandjean, F., 2010. Genetic variability of *Austropotamobius italicus* in the Marches region: implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20(3): 261-268.
- Crnokrak, P., Roff, D.A., 1999. Inbreeding depression in the wild. *Heredity*, 83 (3), pp. 260-270.
- De Luise, G., 2006. I crostacei decapodi d'acqua dolce in Friuli Venezia Giulia. Recenti acquisizioni sul comportamento e sulla distribuzione nelle acque dolci della Regione. Venti anni di studi e ricerche. *Ente Tutela Pesca - Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia*: 94 pp.
- Frankham, R., Ballou, J.D. & Briscoe D.A., 2002. Introduction to Conservation Genetics. *Cambridge University Press*.
- Fratini, S., Zaccara, S., Barbaresi S., Grandjean, F., Souty-Grosset C., Crosa, G. & Gherardi F., 2005. Phylogeography of the threatened crayfish (genus *Austropotamobius*) in Italy: implications for its taxonomy and conservation. *Heredity* 94(1): 108-118.
- Gilpin, M., 1991. The genetic effective size of a metapopulation. *Biological Journal of the Linnean Society*, 42 (1-2), pp. 165-175.
- Grandjean, F., Souty-Grosset, C., 2000. Mitochondrial DNA variation and population genetic structure of the white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes pallipes*. *Conserv. Genet.* 1: 309-319.
- Grandjean, F., Bouchon, D. & Souty-Grosset, C., 2002. Systematics of the European endangered crayfish species *Austropotamobius pallipes* (Decapoda: Astacidae) with a re-examination of the status of *Austropotamobius berndhauseri*. *Journal of Crustacean Biology*, 22 (3), pp. 677-681.
- Hedrick, P.W., 2001. Conservation genetics: Where are we now? *Trends in Ecology and Evolution*, 16 (11), pp. 629-636.
- Hedrick, P.W., 1999. Perspective: Highly variable loci and their interpretation in evolution and conservation *Evolution*, 53 (2), pp. 313-318.
- Hedrick, P.W., 2001. Invasion of transgenes from salmon or other genetically modified organisms into natural populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58 (5), pp. 841-844.
- Holsinger, K.E., 2000. Reproductive systems and evolution in vascular plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97 (13), pp. 7037-7042.
- Keller, L.F. & Weller, D.M., 2002. Inbreeding effects in wild populations. *Trends Ecol. Evol.* 5: 230-240.
- Lande, R., 1995. Mutation and conservation. *Conservation Biology*, 9 (4), pp. 782-791.
- Pedraza-Lara, C., Alda, F., Carranza, S., Doadrio, I., 2010. Mitochondrial DNA structure of the Iberian populations of the white-clawed crayfish, *Austropotamobius italicus italicus* (Faxon, 1914). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 57(1): 327-342.
- Stefani, F., Zaccara, S., Delmastro, G.B. & Buscarino, M., 2011. The endangered white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes* (Decapoda, Astacidae), east and west of the Maritime Alps: a result of human translocation? *Conservation Genetics* 12(1): 51-60.
- Smith, T.B. & Wayne, R.K., 1996. Molecular genetic approaches in conservation. *Oxford University Press*.
- Raijmann, L.E.L., Van Leeuwen, N.C., Kersten, R., Oostermeijer, J.G.B., Den Nijs, H.C.M. & Menken, S.B.J., 1994. Genetic variation and outcrossing rate in relation to population size in *Gentiana pneumonanthe* L. *Conservation Biology*, 8 (4), pp. 1014-1026.
- Zaccara, S., Stefani, F., Galli, P., Nardi, P.A., Crosa, G., 2004. Taxonomic implications in conservation management of white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*) (Decapoda, Astacidae) in Northern Italy. *Biol. Conserv.* 120: 1-10.



I GAMBERI IN FRIULI VENEZIA GIULIA: SPECIE INDIGENE E NON-INDIGENE, TECNICHE DI MONITORAGGIO E GESTIONE

CRAYFISH IN FRIULI VENEZIA GIULIA: INDIGENOUS AND NON-INDIGENOUS SPECIES, MONITORING AND MANAGEMENT TECHNIQUES

– Laura Aquiloni –

Università di Firenze, Dipartimento di Biologia Evoluzionistica “Leo Pardi”
Via Romana, 17/19 - 50125 Firenze
email laura.aquiloni@unifi.it

RIASSUNTO

Per attuare una efficace gestione delle popolazioni selvatiche è indispensabile conoscerne la distribuzione sul territorio, la struttura della popolazione e le caratteristiche dell'habitat occupato, in altre parole, è necessario effettuare un monitoraggio. Qui descriviamo le procedure semplici e standardizzate adottate per il monitoraggio della fauna astacicola nell'ambito del progetto RARITY e le specie oggetto di lavoro: il gambero invasivo americano *Procambarus clarkii* e il gambero indigeno minacciato *Austropotamobius pallipes*. In seguito all'acquisizione e all'organizzazione di tutte le informazioni raccolte, saranno individuate le tecniche idonee ad una efficace gestione delle singole specie. In particolare, saremo in grado di definire le aree per il controllo della specie invasiva e quelle per la conservazione del gambero indigeno, secondo quanto previsto dagli obiettivi del progetto RARITY.

SUMMARY

To implement an effective management of wild populations it is essential to know their spatial distribution, their population structure and the characteristics of their habitat, that is, monitoring is needed. Here, we describe the simple and standardized procedures adopted for the monitoring of the freshwater crayfish during the RARITY project and the target species: the invasive crayfish *Procambarus clarkii*, native to the North America, and the indigenous threatened crayfish *Austropotamobius pallipes*. The acquisition of data, their organization, and their statistical processing allow the identification of tools and techniques for an effective management of individual species. In particular, we will be able to define both the areas of intervention for the control of the invasive crayfish and the areas for the conservation of the native one, in accordance with the RARITY aims.

IMPATTO DA NICS (NON INDIGENOUS CRAYFISH SPECIES)

DEFINIZIONE DI NICS

Con l'acronimo NICS (dall'inglese: *Non Indigenous Crayfish Species*) si indicano tutte le specie di gambero che non sono originarie delle acque in cui si trovano ma che vi sono state introdotte, volontariamente o accidentalmente, dall'uomo. A partire dal 1850 sono state, infatti, introdotte in Europa numerose specie di gamberi provenienti da altri continenti o aree geografiche molto lontane e diverse dalla nostra. Le popolazioni di gamberi autoctoni erano in declino forse colpite dalle prime epidemie della peste del gambero (che oggi sappiamo essere trasmessa dal parassita *Aphanomyces astaci*) e l'introduzione di nuove specie più resistenti alla malattia sembrava la soluzione per rispondere alle richieste di mercato. Tuttavia, alcune delle specie introdotte, a causa di caratteristiche biologiche, ecologiche e comportamentali, quali l'elevata fecondità, il rapido accrescimento, l'ampia tolleranza a cambiamenti ambientali e climatici e la notevole plasticità del ciclo biologico, sono riuscite a stabilizzarsi nel nuovo ambiente e ad espandersi in modo incontrollato fino a colonizzare con successo la maggior parte dei corpi idrici (Souty-Grosset et al., 2006). L'aumento incontrollato della popolazione ha determinato una invasione dei nuovi ambienti e ha causato impatti negativi a vari livelli, da quello genetico a quello ecosistemico (Gherardi, 2007). In Italia sono presenti numerosi NICS (Fig. 1) ma il più diffuso in natura e l'unico, ad oggi, segnalato in Friuli Venezia Giulia (FVG) è il gambero rosso *Procambarus clarkii* (Girard, 1852). Tuttavia altre specie invasive di gambero potrebbero arrivare nel prossimo futuro nelle acque del FVG. In particolare, *Pacifastacus leniusculus* e *Orconectes limosus* già presenti in aree limitrofe alla regione. *Procambarus clarkii* è una specie originaria degli Stati Uniti meridionali ed è ormai diffusa in quasi tutto il mondo con abbondanti popolazioni. La sua rapida diffusione nei paesi diversi da quello di provenienza è avvenuta principalmente per scopi commerciali dato che alcuni aspetti della sua biologia la rendono particolarmente adatta all'acquacoltura.

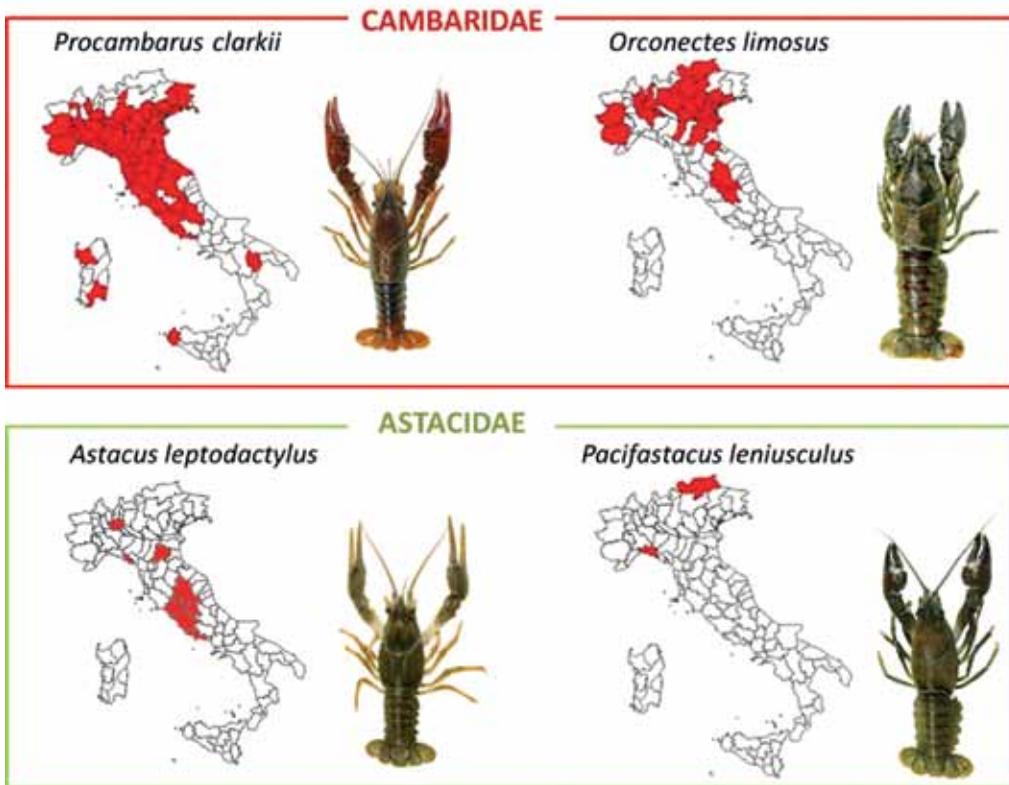


Figura 1 NICS presenti nelle acque dolci italiane (in rosso). Modificata da Aquiloni et al., 2010.

È, infatti, molto resistente alle malattie e a condizioni ambientali estreme, presenta un comportamento alimentare generalista ed opportunista, ha una notevole capacità di adattamento ed elevata prolificità (Gherardi, 2006). Queste stesse caratteristiche, che ne facilitano l'allevamento, la rendono però anche una specie molto pericolosa perché capace di colonizzare e invadere un'ampia varietà di habitat provocando forti alterazioni ecologiche. Numerosi studi provano che negli ambienti invasi questa specie determina una drastica riduzione della biodiversità (soprattutto a carico di pesci, anfibi e piante acquatiche) e la sua intensa attività di scavo provoca danni

strutturali agli argini fluviali e lacustri (Correia & Ferreira, 1995). Vive in acque calde con forti fluttuazioni stagionali e fondo fangoso. Se l'ossigeno disciolto in acqua è carente, essa è in grado di respirare ossigeno atmosferico. Inoltre, sopravvive per diversi mesi in totale assenza di acqua scavando profonde tane nel fango. L'adulto ha una tipica colorazione rossa e può arrivare a 20 cm di lunghezza. Altre specie come *Cherax destructor* e *C. quadricarinatus* (Fig. 2), attualmente solo presenti in acquacultura ma facilmente reperibili in commercio, potrebbero colonizzare gli habitat naturali in un prossimo futuro.

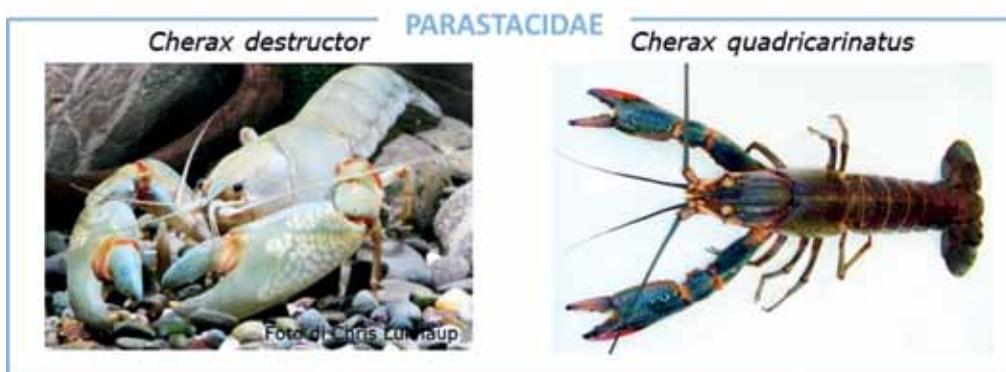


Figura 2 NICS ancora non presenti nelle acque dolci italiane ma con elevata probabilità di arrivo.

IMPATTI DIRETTI E INDIRETTI PRODOTTI DALLE SPECIE INVASIVE

Le specie invasive sono responsabili di numerosi impatti. Sono considerate la seconda causa di estinzione delle specie indigene dopo la perdita e la distruzione degli habitat (Sala et al., 2000) ma, oltre ai danni di tipo ecologico, producono inevitabilmente anche danni economici a lungo e a breve termine (Costanza et al., 1997; Simberloff, 2000): una stima grossolana dei danni economici prodotti dalla loro presenza è stata calcolata solo negli Stati Uniti d'America e ammonta a \$ 137 miliardi l'anno (Pimentel et al., 2002). In Italia, il costo monetario prodotto dalle specie introdotte è stato calcolato per il solo caso della nutria e supera i 4 milioni di euro l'anno (Bertolino & Genovesi, 2007). Nonostante questi costi sembrino molto elevati, occorre considerare che le stime fornite considerano solo gli impatti facilmente monetizzabili e attribuibili con certezza alle specie

invasive (impatti diretti) tralasciando, invece, una serie di altri impatti la cui quantificazione è meno immediata (impatti indiretti).

Le stime fornite sono quindi prudenziali e il reale costo che i governi di tutto il mondo, Italia inclusa, devono sostenere a causa delle specie alloctone invasive è molto più alto.

Impatti diretti:

impatti prodotti su ecosistemi, specie, attività produttive e salute umana direttamente causati dalla specie invasiva e quindi attribuibili con certezza alla sua presenza.

Impatti indiretti:

impatti causati dall' azione sinergica di più fattori, tra cui la specie invasiva, ma in cui il contributo dei singoli fattori è difficile da individuare e quantificare.

ESEMPI DI IMPATTO DA NICS (Figura 3)

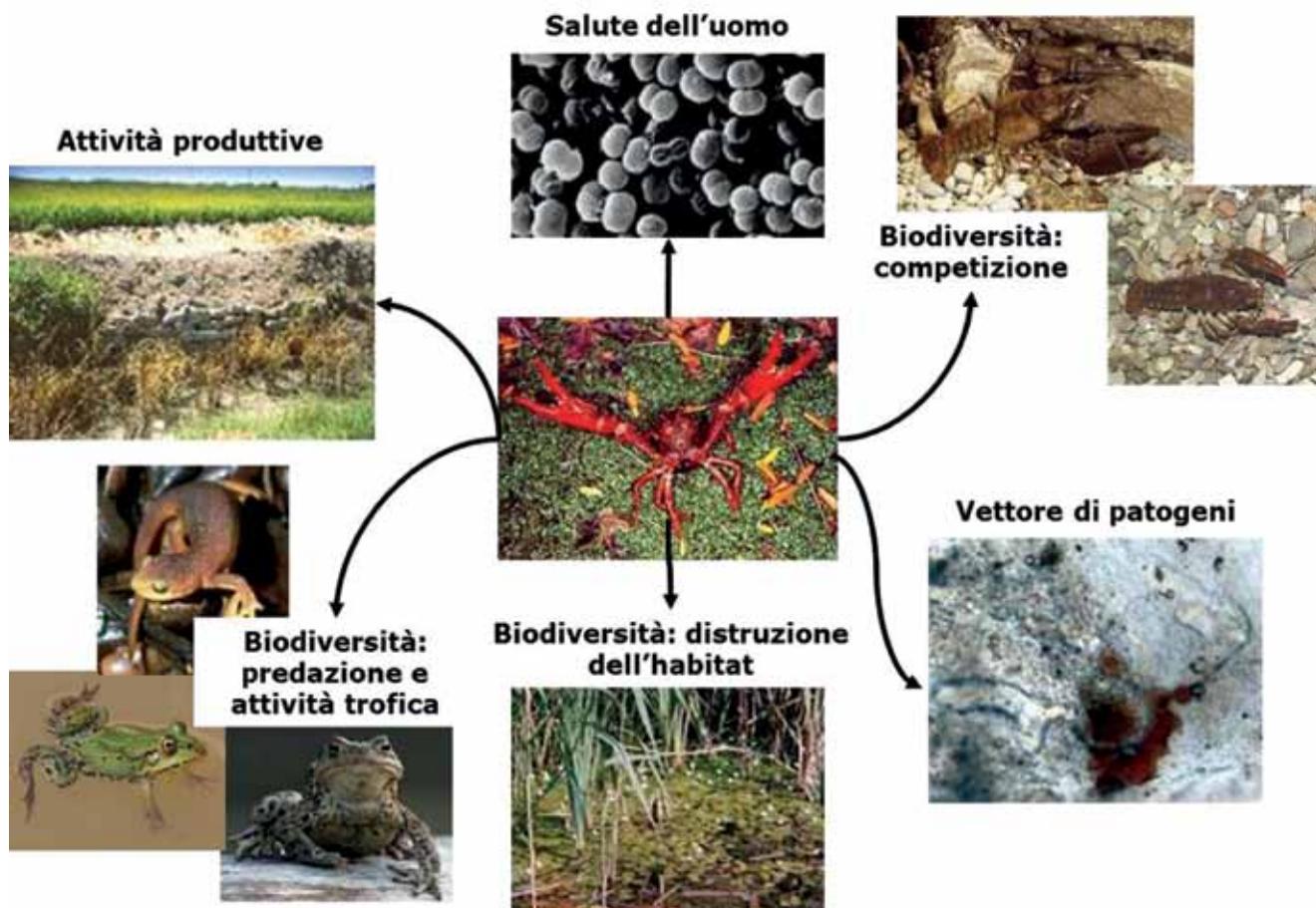


Figura 3 I possibili impatti esercitati da NICS.

IMPATTI SU SPECIE

I gamberi indigeni europei *Astacus astacus*, *Austropotamobius torrentium* e *A. pallipes* sono soggetti a competizione o predazione da parte di NICS e alle malattie da questi trasmesse, quali la cosiddetta “peste del gambero” diffusa nelle nostre acque con l’arrivo di specie nord-americane, come *P. clarkii*, vettrici di *Aphanomyces astaci*, agente eziologico della malattia (Aquiloni et al., 2011).

I gamberi alloctoni esercitano un impatto anche verso altre specie della comunità, per via diretta attraverso predazione o competizione (Renai & Gherardi, 2004) e per via indiretta attraverso i cambiamenti indotti dal loro comportamento alimentare generalista ed opportunista, che determina spesso “cascate trofiche” sull’ecosistema (Gherardi & Acquistapace, 2007). Particolarmente suscettibili all’impatto dei gamberi invasivi sembrano essere le specie vegetali, gli anfibi, i molluschi e i pesci (uova e avannotti).

IMPATTI SU ECOSISTEMI

L’intensa attività trofica sugli altri organismi acquatici e sulla vegetazione ripariale altera i flussi di energia negli ecosistemi invasi, la composizione chimica dell’acqua e la sua trasparenza. Altro elemento di disturbo per l’habitat invaso è rappresentato dalla “bio-turbazione” causata dalla costruzione di tane, soprattutto da parte di *P. clarkii* (Barbaresi et al., 2004). L’attività di scavo determina un incremento nella quantità di materiale solido in sospensione, riducendo, di conseguenza, la penetrazione della luce e la produttività delle specie vegetali bentoniche.

IMPATTI ECONOMICI

L’introduzione di gamberi alloctoni ha suscitato un acceso dibattito sui vantaggi e sui rischi ad essa associati. Per alcuni, i gamberi alloctoni hanno contribuito in modo positivo all’economia, in quanto hanno ripristinato realtà culturali tradizionali (ma su specie non tradizionali), come la pesca dei gamberi in Svezia e Finlandia; prodotto benefici economici per alcune famiglie in aree depresse, come l’Andalusia in Spagna; indotto una diversificazione della produzione attraverso l’inclusione dell’astacicoltura e sviluppato il commercio estero (Gherardi, 2007). In altre realtà il bilancio è stato, però, decisamente sfavorevole. In Inghilterra, l’astacicoltura di gamberi alloctoni destinati all’esportazione in Scandinavia, dove le quotazioni di mercato sono molto alte, non ha prodotto i risultati attesi, poiché la maggior parte delle esportazioni ha interessato gamberi presenti in natura piuttosto che allevati (Holdich, 1999).

In generale, anche se non esistono studi esaustivi sui danni economici prodotti da NICS, numerosi esempi dimostrano come l’introduzione di gamberi di elevato valore commerciale abbia determinato risultati negativi dal punto di vista ambientale ed economico. Per esempio, il pescato di *P. clarkii* in alcuni laghi del Kenia, dove la specie è stata introdotta per attività di commercio ed esportazione, si è ridotto da 100 a 40 tonnellate all’anno per lago nel giro di pochi anni, a causa della scarsa domanda del prodotto nel mercato locale e del blocco delle esportazioni per motivi igienico-sanitari (Smart et al., 2002). Inoltre, la presenza di *P. clarkii* ha causato impatti diretti ai pescatori locali, per esempio attraverso il danneggiamento di reti e attrezzi da pesca (Gherardi et al., 2011a). Ancora più difficile risulta essere la stima dei danni economici dovuti alla perdita di biodiversità provocata dai gamberi alloctoni in quanto si tratta di impatti di difficile monetizzazione. Una delle poche eccezioni è il costo calcolato di \$ 4.5 milioni di dollari per la conservazione di *Pacifastacus fortis* in California minacciato da *Pacifastacus leniusculus* (Gherardi, 2007) e di £ 100.000 sterline spese per eradicare (senza successo) *P. leniusculus* dai fiumi della Scozia (Collins, 2006).

IMPATTI SULLA SALUTE UMANA

A causa della capacità di vivere in ambienti contaminati e/o tossici che molti gamberi invasivi presentano e, conseguentemente, di accumulare gli inquinanti presenti in questi ambienti nei loro tessuti, i rischi di trasferimento di metalli pesanti e/o di tossine ai consumatori (tra cui l’uomo) e di una loro magnificazione lungo la catena trofica sono elevati. È ampiamente dimostrato che *P. clarkii* accumula metalli pesanti a concentrazioni più elevate rispetto ai decapodi dulcacquicoli indigeni (Gherardi et al., 2002), soprattutto nel muscolo addominale, nell’epatopancreas, nell’esoscheletro e nell’emolinfa (Madi-gosky et al., 1991; Geiger et al., 2005). Inoltre, a causa della sua dieta onnivora, che comprende anche microalghe, questa specie può accumulare microcistina, un’epatotossina prodotta da numerose specie di cianobatteri, soprattutto nell’intestino e nell’epatopancreas (Tricarico et al., 2008). Adeguate misure di prevenzione sono da adottare per un suo eventuale utilizzo alimentare, quali la pesca in zone non inquinate e la rimozione dell’intestino prima del consumo, così da eliminare le parti che accumulano maggiormente tossine.

Non solo il consumo ma anche il contatto di *P. clarkii* può essere potenzialmente pericoloso. La specie, infatti, è portatrice di batteri patogeni per l’uomo, come *Francisella tularensis*, agente eziologico della tularemia. Il rischio di infezione è però molto basso dato che, ad oggi, è stato riportato un solo caso di popolazione di gambero infetta in Spagna (Anda et al., 2001).

MONITORAGGIO E CATTURE: ASPETTI TEORICI E SIGNIFICATO

IL MONITORAGGIO

L'attività di monitoraggio è definita come «La raccolta e l'analisi di dati effettuata allo scopo di quantificare cambiamenti nelle condizioni o valutare l'efficacia di azioni nel conseguire un obiettivo di gestione» (mod. da Elzinga et al., 1998). Si avvale di **protocolli standardizzati** in cui devono essere specificate la metodologia utilizzata, la periodicità degli interventi e le stazioni indagate. L'utilizzo di una procedura standard permette di confrontare tra loro dati provenienti da luoghi diversi o dati raccolti, per uno stesso luogo, in tempi diversi. Variare anche di poco la procedura con cui si effettua il monitoraggio può rendere non confrontabili dati raccolti in luoghi o tempi diversi.

ATTENZIONE!!! Monitoraggio non è sinonimo di catture o trappolaggio intensivo.

Le catture sono raccolte massive di individui effettuate allo scopo di ridurre il più possibile la dimensione della popolazione e gli impatti sull'habitat. Possono prevedere protocolli variabili e solitamente sono attività non periodiche e concentrate in un numero limitato di stazioni.

I dati utili a monitorare le popolazioni di gamberi sono:

- **parametri abiotici** (pH, conduttività, ossigeno disciolto, temperatura, substrato, profondità, velocità della corrente, durezza carbonatica);
- **parametri biotici** (tipo di vegetazione ripariale, disponibilità di materiale vegetale e rifugi, presenza di predatori);
- **indagini di popolazione** (presenza/assenza, abbondanza, status di popolazione, presenza di parassiti/patogeni).

Le informazioni provenienti da questi dati consentono di elaborare degli indici (ad esempio gli indici I.B.E., I.F.F., C.P.U.E.) e di tenere sotto controllo lo stato di popolazione nel tempo.

I.B.E. – INDICE BIOTICO ESTESO

Un corso d'acqua può definirsi di buona qualità quando ospita una comunità di macroinvertebrati ben strutturata e diversificata, come quella che naturalmente ci aspettiamo di trovare in un ambiente non alterato (ad esempio dall'inquinamento o dall'introduzione di specie alloctone).

Sulla base della biodiversità della comunità di macroinvertebrati e sulla base della presenza di gruppi particolarmente sensibili all'alterazione dell'ambiente, l'I.B.E. restituisce un valore numerico (Tab. 1) attribuibile ad una delle 5 classi di

GRUPPI FAUNISTICI CHE DETERMINANO CON LA LORO PRESENZA L'INGRESSO ORIZZONTALE IN TABELLA (INGRESSO ORIZZONTALE)		NUMERO TOTALE DELLE UNITÀ SISTEMATICHE (U.S.) COSTITUENTI LA COMUNITÀ (INGRESSO VERTICALE)								
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-
Plecotteri (Leuctra ^o)	Più di una U.S.	-	-	8	9	10	11	12	13*	14*
	Una sola U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	13*
Efemerotteri ^{oo} (eccetto Baetidae e Caenidae)	Più di una U.S.	-	-	7	8	9	10	11	12	-
	Una sola U.S.	-	-	6	7	8	9	10	11	-
Tricotteri (comprendere Baetidae e Caenidae)	Più di una U.S.	-	5	6	7	8	9	10	11	-
	Una sola U.S.	-	4	5	6	7	8	9	10	-
Gammaridi e/o Atiidi e/o Palemonidi	Tutte le U.S. sopra assenti	-	4	5	6	7	8	9	10	-
Asellidi e/o Nifargidi	Tutte le U.S. sopra assenti	-	3	4	5	6	7	8	9	-
Oligocheti o Chironomidi	Tutte le U.S. sopra assenti	1	2	3	4	5	-	-	-	-
Altri organismi	Tutte le U.S. sopra assenti	0	1-	2-	3-	-	-	-	-	-

Legenda

^o nelle comunità in cui Leuctra è presente come unico "taxon" di Plecotteri e sono assenti gli Efemerotteri (tranne eventualmente generi delle famiglie Baetidae e Caenidae), Leuctra deve essere considerata a livello dei Tricotteri per definire l'entrata orizzontale in tabella;

^{oo} per la definizione dell'ingresso orizzontale in tabella ogni genere delle famiglie Baetidae e Caenidae va considerato a livello dei Tricotteri;

- giudizio dubbio, per errore di campionamento, per presenza di organismi di drift erroneamente considerati nel computo, per ambiente non adeguatamente colonizzato, per tipologia non valutabile con l'I.B.E. (es. sorgenti, acque di scioglimento di nevai, acque ferme, zone deltizie, salmastre);

* questi valori di indice vengono raggiunti raramente negli ecosistemi di acqua corrente italiani per cui occorre prestare attenzione sia nell'evitare la somma di biotipologie (incremento artificioso del numero di taxa) che nel valutare eventuali effetti prodotti dall'inquinamento, trattandosi di ambienti con elevata ricchezza di taxa.

Tabella 1 Tabella per l'elaborazione del valore dell'indice I.B.E.

classi di qualità	valore I.B.E.	giudizio di qualità	colore di riferimento
Classe I	10-11-12-...	Ambiente non inquinato o comunque non alterato in modo sensibile	
Classe II	8-9	Ambiente con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione	
Classe III	6-7	Ambiente inquinato o comunque alterato	
Classe IV	4-5	Ambiente molto inquinato o comunque molto alterato	
Classe V	1-2-3	Ambiente eccezionalmente inquinato o alterato	

Tabella 2 Tabella per l'assegnazione della classe di qualità.

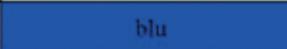
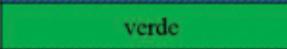
Valori di I.F.F.	Livello di funzionalità	giudizio di funzionalità	colore di riferimento
261-300	I	ottimo	
251-260	I-II	ottimo-buono	
201-250	II	buono	
181-200	II-III	buono-mediocre	
121-180	III	mediocre	
101-120	III-IV	mediocre-scadente	
61-100	IV	scadente	
51-60	IV-V	scadente-pessimo	
14-50	V	pessimo	

Tabella 3 Tabella che associa ai valori di I.F.F., livelli e giudizi di funzionalità e il colore corrispondente.

qualità (rappresentate da colori diversi, Tab. 2). Questo numero è dunque un giudizio sintetico della qualità dell'acqua.

I macroinvertebrati sono degli ottimi bioindicatori (ovvero organismi che con la loro presenza o assenza ci informano sulla qualità dell'ambiente) in quanto presentano le seguenti caratteristiche:

- differente sensibilità all'inquinamento dell'acqua;
- bio-accumulazione delle sostanze tossiche;
- distribuzione dalla sorgente alla foce;
- gruppi diversificati;
- scarsa mobilità;
- ciclo larvale lungo;
- facili da identificare;
- ampia distribuzione.

Nel monitoraggio dei gamberi l'utilizzo dell'indice I.B.E. è importante perché è in grado di descrivere sia l'idoneità dell'ambien-

te alla presenza del gambero indigeno sia gli eventuali impatti esercitati dall'alloctono sul *macrobenthos*. In particolare, le stazioni con classi di qualità I.B.E. elevata sono le più idonee ad ospitare il gambero indigeno (Johnson et al., 1992; Renai et al., 2006; Mazza et al., 2011). In caso di presenza di specie aliene, invece, la qualità dell'ambiente si altera (eutrofizzazione, aumento di torbidità, bioturbazione del fondo, predazione diretta sulla comunità macrobentonica) e l'indice I.B.E. è in grado di registrare questo peggioramento (Gherardi, 2006; Gherardi & Acquistapace, 2007).

I.F.F. – INDICE DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE

Permette una valutazione dello stato complessivo dell'ambiente fluviale e della sua funzionalità, intesa come risultato della sinergia e dell'integrazione di fattori biotici ed abiotici dell'ecosistema acquatico e di quello terrestre ad esso collegato.

Per ogni sito va compilata una scheda che raccoglie, in 14 domande, le informazioni necessarie all'elaborazione dell'indice. Queste domande interessano i seguenti aspetti:

- condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante il corso d'acqua;
- ampiezza dell'alveo bagnato, struttura fisica e morfologica delle rive;
- struttura dell'alveo;
- caratteristiche biologiche.

Le risposte scelte contribuiscono al valore totale di I.F.F. con un punteggio variabile da 14 a 300. La somma dei punteggi di tutte le domande informa sul livello di funzionalità (Tab. 3). Anche in questo caso l'indice può fornire alcune informazioni utili a capire la naturalità del sito e, quindi, la sua idoneità per la specie indigena (Mazza et al., 2011; Renai et al., 2006) oppure può contribuire a descrivere gli ambienti preferenzialmente occupati dalle specie alloctone e gli eventuali impatti causati dalla loro presenza (Gherardi et al., 2009).

INDAGINE SULLA POPOLAZIONE

Acquisire un adeguato quadro conoscitivo delle dimensioni e delle caratteristiche delle popolazioni presenti nei corsi d'acqua è un prerequisito basilare per una loro efficace gestione. Infatti, in base alla popolazione presente e alle caratteristiche ecologiche del sito in cui è presente, diverse sono le possibili misure di gestione che possono essere intraprese. Il monitoraggio dei gamberi indigeni prevede il rilievo delle informazioni necessarie previa cattura, l'eventuale marcatura degli individui e il loro immediato rilascio in natura, con l'obiettivo di promuovere la crescita della popolazione (Peay, 2003). Laddove, invece, si effettui un monitoraggio di popolazioni alloctone, data la necessità del controllo delle stesse e del contrasto alla loro diffusione, occorre prevedere la rimozione di tutti gli esemplari catturati e il loro opportuno smaltimento.

I metodi con cui si possono monitorare i gamberi sono molti (Tab. 4), alcuni dei quali richiedono però un grande sforzo in termini di costi e personale. Per questo motivo, nella scelta del metodo più adeguato da utilizzare deve essere tenuto in considerazione anche lo sforzo necessario per una sua adeguata applicazione. Le informazioni da rilevare per il monitoraggio delle popolazioni di gamberi sono:

- rapporto tra sessi (sex ratio);
- dimensione individui (CL = lunghezza del cefalotorace);
- presenza di individui mutilati, malati o parassitati;
- femmine mature e ovigere;
- numerosità della popolazione attraverso una stima dell'abbondanza relativa (ad es. con il metodo del "Catch per Unit Effort", C.P.U.E) o dell'abbondanza assoluta (ad es. con i metodi di "Cattura Marcatura e Ricattura", C.M.R);
- struttura di popolazione (analisi di Battacharya).

C.P.U.E. (CATCH PER UNIT EFFORT) INDICE DI ABBONDANZA RELATIVA

Permette di comparare, tra loro e nel tempo, popolazioni diverse della stessa specie. Questo metodo è applicabile sia per il gambero alloctono che per quello indigeno. Occorre però tenere presente che il C.P.U.E. non ci informa sul numero reale di individui che compongono la popolazione ma è un indice di abbondanza relativa, ovvero ci permette di capire se la popolazione in una data località è più o meno abbondante rispetto ad altre analizzate con lo stesso metodo oppure se la popolazione è in aumento o in diminuzione nel tempo.

C.M.R. – METODO DI CATTURA - MARCATURA E RICATTURA

Metodo per la stima dell'abbondanza assoluta della popolazione che si basa sul rapporto tra individui marcati (in precedenti catture) e non marcati. Per ottenere stime corrette occorre che siano rispettate alcune assunzioni: la popolazione campionata deve essere chiusa (e cioè nel periodo in cui si effettua l'indagine non deve esserci apporto di nuovi individui dall'esterno né devono esserci emigrazioni), la marcatura applicata deve essere permanente per il periodo di indagine e non deve influenzare né la sopravvivenza né la catturabilità degli individui.

METODO DI BATTACHARYA

Metodo che utilizza la misura della lunghezza del cefalotorace dei gamberi prelevati in ciascun sito per costruire curve di frequenza delle classi di età presenti. L'analisi permette di ottenere informazioni sulla struttura di popolazione, sul tasso di accrescimento e sull'aspettativa di vita.

TRAPPOLAGGIO INTENSIVO

È considerata una delle tecniche più efficaci e più utilizzate per il controllo di gamberi invasivi (Hyatt, 2004). Si tratta di catture massive di individui mediante utilizzo di nasse con esca odorosa. I gamberi catturati devono essere rimossi dall'area di lavoro e opportunamente smaltiti. A differenza del monitoraggio, in cui bisogna attenersi rigidamente a un protocollo standardizzato per ottenere stime il più possibile reali dello stato di popolazione, nel trappolaggio intensivo il protocollo è variabile in relazione al contesto in cui si opera, sia per durata sia per numero di nasse/personale utilizzati, sia per tipologia di esca. Questa minore rigidità delle procedure, spesso accompagnata da un uso combinato di più tecniche di controllo (*Integrated Pest Management*, IPM), è finalizzata ad ottenere, caso per caso, la migliore gestione della popolazione invasiva (Gherardi et al., 2011b).

METODO	EQUIPAGGIAMENTO RICHIESTO	CARATTERISTICHE DEL SITO DOVE IL METODO È APPROPRIATO	VANTAGGI	LIMITAZIONI / SVANTAGGI
Ricerca tramite snorkelling (nuoto in superficie)	Muta stagna o semistagna, maschera, retino (quello usato per gli acquari è ideale), scarpe da snorkelling, secchio, asciugamano, disinfettante. Cappuccio e guanti per muta forniscono una buona protezione.	Tratti poco profondi e profondi, substrati disturbati, laghi con sponde ripide, instabili, fangose e rocciose.	Adatto per specie bersaglio; aumento della galleggiabilità in acque profonde; capacità di esaminare il substrato in profondità; utilizzo di entrambe le mani; i gamberi possono essere visti facilmente; minor disturbo del substrato; assenza di riverbero; vento e pioggia non rappresentano fattori di disturbo.	Impiego di molto tempo; il metodo è valido in acque limpide; disinfestazione e essiccamento del materiale utilizzato prima del passaggio ad un altro sito; può essere difficile in acque basse; la nuvolosità può ridurre le condizioni di visibilità; richiede esperienza per identificare i siti idonei e per la ricerca.
Ricerca a mano	Stivali impermeabili, secchi con fondo in plexiglass o piccole faune box usate in acquariofilia, retini per acquari, disinfettante.	Tratti poco profondi, rocciosi o con sponde compatte.	Veloce; equipaggiamento necessario minimo; facilmente utilizzabile per campionamenti sotto rocce e pietre.	Limitato in acque profonde per l'impossibilità di girare le pietre; l'agitazione del fondo argilloso può rappresentare un problema; può essere un problema catturare gamberi che nuotano velocemente; metodo difficilmente standardizzabile perché dipendente dall'abilità dell'operatore.
Retino da acqua	Retino da acqua, stivali, giubbotto salvagente, disinfettante.	Laghi con vegetazione, substrati di argilla, sabbia o ghiaia.	Veloce; equipaggiamento necessario minimo; sono facilmente catturabili gamberi di piccole dimensioni (giovani); la trasparenza dell'acqua non è un problema; si possono utilizzare retini con manici lunghi in acque profonde; equipaggiamento facile da disinfettare.	Metodo non utilizzabile dove sono presenti rocce, massi, ciottoli.
Trappaggio	Nasse tipo bertovello, esche adeguate, corda, disinfettante, giubbotto salvagente, secchi, paletti.	Acque profonde e con scarsa velocità di corrente, ricca vegetazione di sponda e visibilità limitata.	Indipendente dal meteo; la trasparenza dell'acqua non è un problema; può essere utilizzato durante tutto l'anno e a ogni profondità (può richiedere una barca).	Ritorno al sito per il controllo delle trappole; i gamberi di piccole dimensioni possono scappare dalle trappole; le trappole vanno incontro a usura; cattura di specie non-target. ATTENZIONE: mantenere la trappola semi-emersa per permettere la sopravvivenza di specie non target (anfibi e rettili).
Ricerca di notte	Torçe, batterie di scorta, stivali, giubbotto salvagente, secchi, retino.	Tutti i siti con facile accesso e acque non molto profonde. ATTENZIONE: si consiglia di essere sempre in coppia.	Metodo semplice per verificare la presenza dei gamberi; nessun rischio per specie non-target.	I siti da campionare necessitano di essere visitati prima durante il giorno; metodo difficilmente standardizzabile perché dipendente dall'abilità dell'operatore; i gamberi piccoli sono più difficili da catturare; il metodo è valido solo in acque limpide; metodo difficilmente standardizzabile perché dipendente dall'abilità dell'operatore.

Tabella 4 Descrizione dei metodi di ricerca dei gamberi d'acqua dolce.

MONITORAGGIO E CATTURE: TECNICHE ED OPERATIVITÀ IN RARITY

IL PROGETTO RARITY

Il progetto *life* RARITY, della durata complessiva di 3 anni, ha come obiettivi sia la salvaguardia e il consolidamento delle popolazioni del gambero indigeno *Austropotamobius pallipes* complex, sia il controllo dell'espansione del gambero invasivo

nordamericano *Procambarus clarkii* in Friuli Venezia Giulia, anche attraverso l'emanazione di una specifica normativa regionale. Per il raggiungimento degli obiettivi del progetto sono previste numerose attività, prima tra tutte l'individuazione e il monitoraggio di 216 stazioni di campionamento, distribuite su 15 collegi di pesca nell'intero territorio regionale in modo proporzionale alla disponibilità di corsi d'acqua presenti ed alla presenza di Siti di Importanza Comunitaria. Le stazioni di campionamento sono individuate in base alla facilità di

accesso al sito (per consentire agli operatori la conduzione del lavoro in sicurezza), alla disponibilità di dati pregressi sulle caratteristiche dell'habitat e/o sulla presenza di gamberi (sia indigeni sia alloctoni) ed alla rappresentatività delle condizioni naturali (ovvero tra tutte le possibili stazioni che soddisfano i precedenti criteri dovrà essere scelta quella a maggiore naturalità). Ad ogni stazione di monitoraggio sarà associato un codice univoco (chiamato Rif.) riportante il numero del collegio di pesca in cui ricade la stazione (da 01 a 15) seguito dal numero progressivo della stazione di monitoraggio (da 001 a 216) e, infine, dalla sigla RN oppure da un doppio zero (00) rispettivamente nel caso la stazione si trovi o meno all'interno di Siti di Importanza Comunitaria della Rete Natura 2000.

Ogni anno, da aprile fino a settembre, sarà effettuato un monitoraggio degli habitat delle 216 stazioni selezionate registrando le principali caratteristiche chimico-fisiche delle acque e la qualità ambientale della stazione (indici IBE, IFF) e, parallelamente, lo stato delle popolazioni di gamberi eventualmente presenti. Questo consentirà, al termine del lavoro, di individuare sia gli ambienti più idonei alla sopravvivenza della specie indigena per predisporre opportuni interventi di tutela o reintroduzione, sia gli ambienti più suscettibili all'invasione della specie invasiva per indirizzare le attività di controllo e/o eradicazione. L'attività di monitoraggio sarà ripetuta ogni anno in tutte le stazioni con presenza di gamberi, avendo cura di ripetere il campionamento nello stesso periodo, al fine di garantire la massima comparabilità dei dati tra anni successivi, visto che la pescosità risulta variabile in relazione alla temperatura dell'acqua (e quindi dipendente dal periodo di campionamento e dall'altitudine della stazione).

I campionamenti di gamberi saranno effettuati dagli operatori volontari che da anni collaborano con l'Ente Tutela Pesca e che, grazie a questo progetto, hanno seguito specifici corsi di formazione per poter effettuare le attività previste. I volontari di ETP, organizzati in squadre di 2-5 persone a seconda dell'impegno richiesto e della difficoltà di rilevazione di ogni singola stazione, saranno dotati di un opportuno equipaggiamento, che dovrà essere sempre accuratamente lavato e disinfettato prima di essere utilizzato in una diversa stazione di campionamento. Questa precauzione è necessaria per evitare la trasmissione di patogeni come l'*Aphanomyces astaci*, agente eziologico della peste del gambero, da un sito all'altro. Il monitoraggio degli habitat sarà invece effettuato da una squadra di ETP opportunamente addestrata all'utilizzo di specifici strumenti o tecniche diagnostiche.

IL CAMPIONAMENTO DEI GAMBERI

Esistono vari metodi per il campionamento di gamberi la cui efficacia cambia in modo piuttosto pronunciato in relazione alle caratteristiche dell'habitat del sito di campionamento e, in particolare, alla tipologia di substrato ed alla visibilità (Peay, 2003). Nell'ambito del progetto RARITY, al fine di standardizza-

re al massimo la raccolta dei dati mantenendo in sicurezza gli operatori, si utilizzeranno due sole tecniche di campionamento della fauna a decapodi: il trappolaggio ed il campionamento a mano. Per ciascuna tecnica sono stati elaborati dei protocolli che hanno lo scopo di uniformare il lavoro delle squadre consentendo la massima comparabilità dei dati raccolti. Per lo svolgimento del lavoro di campo, è quindi necessario attenersi strettamente a quanto è riportato nei protocolli.

METODI DI CAMPIONAMENTO: IL TRAPPOLAGGIO (Figg. 4-5)

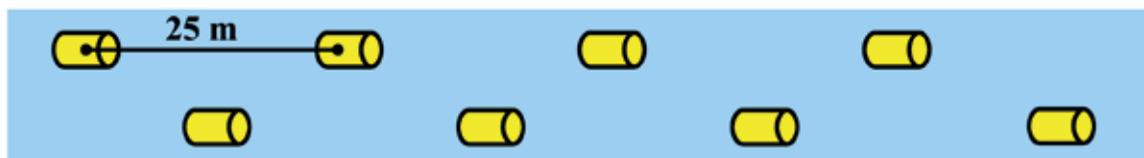
Il trappolaggio o campionamento con trappole è il più utilizzato perché può essere applicato nella maggior parte delle tipologie di corso d'acqua e, soprattutto, perché assicura una facile standardizzazione della raccolta dei dati anche lavorando su regioni ampie ed in un elevato numero di stazioni con operatori diversi. Tuttavia, occorre tenere in considerazione che le classi di taglia più piccole non vengono campionate con il trappolaggio, perché sfuggono dalle maglie della rete (Byrne et al., 1999; Grandjean et al., 2000) e dagli adulti che li predano attivamente, oppure perché tendono ad aggregarsi vicino agli argini in prossimità delle radici dove difficilmente vengono posizionate le nasse.

In ogni stazione di campionamento saranno utilizzate 8 trappole (1 ogni 25 m, per circa 200 m di transetto) che dovranno essere disposte, ove possibile, a scacchiera lungo le sponde del corso d'acqua.

Le nasse saranno mantenute in acqua per 24 ore ed i gamberi prelevati ogni giorno alla stessa ora. Le esche dovranno essere cambiate ogni giorno in modo da mantenere la stessa capacità attrattiva tra giorni di cattura successivi. Ogni stazione sarà monitorata per un'intera settimana lavorativa all'anno, per un totale di 4 pescate, ed i risultati delle catture registrati sull'apposita *scheda monitoraggio decapodi* (Fig. 10).

METODI DI CAMPIONAMENTO: CATTURE A MANO (Figg. 6-7)

In alternativa al trappolaggio, esclusivamente nei siti dove l'acqua è poco profonda (da non consentire l'immersione degli inganni della trappola), limpida e con corrente moderata, può essere utilizzata la cattura a mano che permette di campionare anche gli individui di classe di taglia più piccola (Smith et al., 1996; Byrne et al., 1999). Questo metodo però presenta lo svantaggio di essere molto influenzato dall'abilità dello sperimentatore e quindi l'analisi dei dati non consente né un confronto rigoroso tra popolazioni né una analisi predittiva esaustiva sulle popolazioni nel tempo. Per questo motivo, il campionamento a mano sarà utilizzato nel minor numero di stazioni possibile. La stazione di campionamento è costituita da un transetto di circa 200 metri che deve essere risalito



Metodo	Equipaggiamento richiesto	Caratteristiche del sito	Vantaggi	Limitazioni/Svantaggi
Trappolaggio	Nasse tipo bertovello, esche adeguate, corda, disinfettante, giubbotto salvagente, secchi, paletti.	Acque profonde e con scarsa velocità di corrente, ricca vegetazione di sponda e visibilità limitata.	Indipendente dal meteo; la trasparenza dell'acqua non è un problema; può essere utilizzato durante tutto l'anno e a ogni profondità (può richiedere una barca).	Ritorno al sito per il controllo delle trappole; i gamberi di piccole dimensioni possono scappare dalle trappole; le trappole vanno incontro a usura; cattura di specie non-target. ATTENZIONE: mantenere la trappola semi-emersa per permettere la sopravvivenza di specie non target (anfibi e rettili).

Figura 4 Il campionamento con trappole: disposizione trappole lungo il corso d'acqua, caratteristiche, vantaggi e svantaggi del metodo.

PROTOCOLLO OPERATIVO DEL TRAPPOLAGGIO CON ESCA

PRIMO GIORNO

Ore 8.30. Arrivo alla stazione di campionamento
 Ore 8.30-9.30. Inserimento esche nelle trappole, scelta del luogo più opportuno e posizionamento trappole nel corso d'acqua
 Ore 9.30-9.45. Foto sito e misura temperatura acqua
 Ore 9.45-10.00. Compilazione prima parte **scheda monitoraggio**
 Tempo totale: 1h e 30'

GIORNI SUCCESSIVI

Ore 8.30. Arrivo alla stazione di campionamento
 Ore 8.30-9.30. Apertura trappole, identificazione specie, conteggio, marcatura animali (solo A) e loro rilascio nel sito, rimozione animali (solo P).
 Ore 9.30-10.00 Compilazione seconda parte **scheda monitoraggio**
 Ore 10.00-10.30 Cambio esca nelle trappole e posizionamento trappole nel corso d'acqua
 Tempo totale: 2h

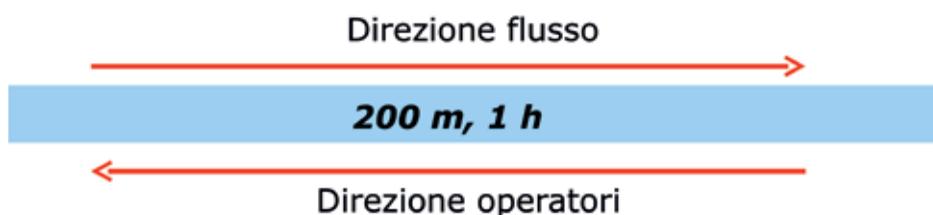
ULTIMO GIORNO

Ore 8.30. Arrivo alla stazione di campionamento
 Ore 8.30-9.30. Apertura trappole, conteggio individui, identificazione specie, misurazione individui (A e P*), prelievo zampe per genetica e compilazione **scheda popolazione**
 Rilascio A, rimozione e smaltimento P
 Ore 9.30-10.00 Compilazione seconda parte **scheda monitoraggio** indicando i tempi reali necessari a campionare la stazione
 Tempo totale: 1h e 30'

A *Austropotamobius pallipes* P. *Procambarus clarkii*

P* la scheda popolazione relativa a *P. clarkii* può essere compilata anche in laboratorio su animali scongelati

Figura 5 Protocollo operativo del trappolaggio con esca: fasi in dettaglio delle 5 giornate di campionamento.



Metodo	Equipaggiamento richiesto	Caratteristiche del sito	Vantaggi	Limitazioni/Svantaggi
Ricerca a mano	Stivali impermeabili, secchi con fondo in plexiglass o piccole faune box usate in acquariofilia, retini per acquari, disinfettante.	Tratti poco profondi, rocciosi o con sponde compatte.	Veloce; equipaggiamento necessario minimo; facilmente utilizzabile per campionamenti sotto rocce e pietre.	Limitato in acque profonde per l'impossibilità di girare le pietre; l'agitazione del fondo argilloso può rappresentare un problema; può essere un problema catturare gamberi che nuotano velocemente; metodo difficilmente standardizzabile perché dipendente dall'abilità dell'operatore

Figura 6 Il metodo di cattura a mano: operatività nel transetto, caratteristiche, vantaggi e svantaggi del metodo.

PROTOCOLLO OPERATIVO DELLE CATTURE A MANO

PRIMO GIORNO

Ore 8.30. Arrivo alla stazione di campionamento

Ore 8.30-8.45. Foto sito e misura temperatura acqua

Ore 8.45-9.00. Compilazione prima parte **scheda monitoraggio**

Ore 9.00-10.00. Catture a mano con due operatori

Ore 10.00-10.30 Marcatura animali e rilascio (A), rimozione e smaltimento (P), prelievo zampe per analisi genetica (A e P) e compilazione seconda parte **scheda monitoraggio**

Tempo totale: 2h

GIORNI SUCCESSIVI

Ore 9.00. Arrivo alla stazione di campionamento

Ore 9.00-10.00. Catture a mano con due operatori

Ore 10.00-10.30 Marcatura animali e rilascio (A), rimozione e smaltimento (P), prelievo zampe per analisi genetica (A e P) e compilazione seconda parte **scheda monitoraggio**

Tempo totale: 1h e 30'

ULTIMO GIORNO

Ore 9.00. Arrivo alla stazione di campionamento

Ore 9.00-10.00. Catture a mano con due operatori

Ore 10.00-10.30 Misura animali (A e P*), prelievo zampe per analisi genetica (A e P) e compilazione **scheda popolazione**

Rilascio A, rimozione e smaltimento P.

Ore 9.30-10.00 Compilazione seconda parte **scheda monitoraggio** indicando i tempi reali necessari a campionare la stazione

Tempo totale: 2h

A *Austropotamobius pallipes* P. *Procambarus clarkii*

P* la scheda popolazione relativa a *P. clarkii* può essere compilata anche in laboratorio su animali scongelati.

Figura 7 Protocollo operativo delle catture a mano: fasi in dettaglio delle 5 giornate di campionamento.

da due operatori della squadra disposti a formare un fronte trasversale rispetto al letto (Fig. 6), ogni giorno alla stessa ora in 60 minuti per quattro giorni consecutivi, secondo quanto riportato nei protocolli operativi (Fig. 7). Durante la risalita, è necessario procedere lentamente guardando il fondo (in zone molto ombreggiate si utilizzi una torcia), alzando massi e muovendo, con l'ausilio di un bastone, le radici sulle sponde dove spesso trovano rifugio i gamberi. I gamberi stessi, una volta individuati, devono essere catturati a mano o con un retino. Come per il trappolaggio, il campionamento a mano deve essere ripetuto ogni anno nello stesso periodo perché l'attività degli animali è influenzata dalla temperatura dell'acqua. Questa tecnica è tanto più efficace quanto più l'operatore è esperto e, pertanto, i dati che si ottengono da questo tipo di campionamento, anche se richiede un tempo più lungo e può apparentemente sembrare più accurato, sono di difficile standardizzazione e sicuramente non comparabili con quelli ottenuti con il trappolaggio. In ogni caso, i dati raccolti saranno utili a valutare la presenza dei gamberi e a descrivere lo stato delle popolazioni presenti.

Nei protocolli operativi sopra riportati (Fig. 5 e 7) sono indicati i tempi stimati necessari ad effettuare le operazioni previste ogni giorno di campionamento. Questi tempi sono, in realtà, puramente indicativi in quanto dipendono dalla pescosità delle singole stazioni che non è nota a priori. Gli operatori sono quindi chiamati ad indicare i reali tempi di campionamento di ogni stazione nella sezione della *scheda di monitoraggio decapodi* dedicata alle osservazioni (Fig. 10). Questa informazione sarà molto utile per ottimizzare lo svolgimento del lavoro delle varie squadre nei campionamenti successivi.

OPERAZIONI SUI GAMBERI

Tutti gli animali catturati, a prescindere dalla specie di appartenenza e dalla tecnica di campionamento, saranno contati ogni giorno annotando il loro numero totale nell'apposito spazio della *scheda monitoraggio decapodi* (Fig. 10). Successivamente, gli individui pescati seguiranno un *iter* diverso in relazione alla specie di appartenenza, e in accordo con gli obiettivi di RARITY, ovvero il gambero indigeno sarà rilasciato nel sito di appartenenza mentre il gambero invasivo sarà rimosso.

IL GAMBERO INDIGENO, *AUSTROPOTAMOBIVS PALLIPES*

Ogni individuo catturato dovrà essere marcato e immediatamente rilasciato nel sito di provenienza all'interno del transetto di cattura. Gli animali saranno marcati con un pennarello resistente all'acqua disegnando delle frecce sul cefalotorace ben asciugato con carta assorbente (Fig. 8). Le frecce avranno un orientamento diverso ogni giorno di cattura e, alla fine del campionamento, osservando il disegno delle marcature

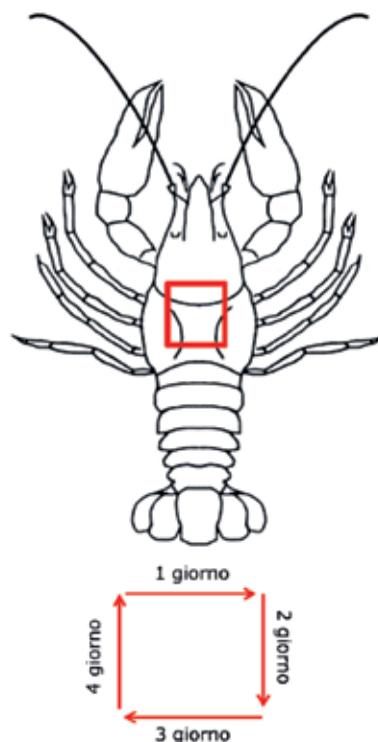


Figura 8 La marcatura del gambero indigeno: posizione sul cefalotorace e orientamento delle frecce di marcatura ciascuna corrispondente ad uno dei quattro giorni di cattura.

presenti su ogni animale (da inserire nell'apposita colonna della *scheda popolazione*, Fig. 11) sarà possibile conoscere il numero delle volte in cui l'animale è stato catturato e in quale pescata. La marcatura consentirà di stimare la totale abbondanza della popolazione tramite il metodo di cattura marcatura e ricattura (CMR).

IL GAMBERO INVASIVO, *PROCAMBARUS CLARKII*

Gli esemplari di questa specie, una volta catturati, non dovranno essere rilasciati nel sito di provenienza ma inseriti in appositi contenitori etichettati, con le informazioni su sito e data di raccolta, e trasportati presso le zone di smaltimento predisposte da ETP e dall'Istituto Zooprofilattico di Udine. Nelle zone di smaltimento gli animali saranno conservati in condizioni di ipotermia (in congelatore a temperatura di -20 °C per almeno una settimana) e, successivamente, smaltiti a norma di legge come rifiuti speciali. Prima dello smaltimento, durante i mesi in cui non è prevista attività sul campo, gli animali saranno scongelati per la raccolta delle informazioni previste nella *scheda popolazione* (Fig. 11). L'acquisizione dei dati di popolazione su esemplari

morti (facilmente manipolabili) ha il duplice vantaggio di velocizzare le attività sul campo e di aumentare l'accuratezza delle misure e delle informazioni sulla popolazione. Tuttavia è possibile procedere alla misurazione di un campione di almeno 50 individui direttamente sul campo al momento della cattura, come di seguito descritto.

OPERAZIONI COMUNI ALLE DUE SPECIE

L'ultimo giorno di monitoraggio, il quinto sul campo, saranno raccolte tutte le informazioni da riportare nella *scheda popolazione* (Fig. 11). Queste informazioni dovranno provenire da un campione casuale di circa almeno 50 individui. Per ottenere un campione casuale saranno esaminati tutti gli esemplari contenuti in una trappola, aprendone una alla volta fino al raggiungimento del numero di individui da campionare oppure, nel caso di stazioni in cui sono previste catture a mano, saranno analizzati con ordine i primi 50 individui catturati. Nelle stazioni in cui si cattura un numero più basso di individui, si procederà all'esame di ciascuno. Tra le informazioni da raccogliere ricordiamo la taglia (lunghezza del cefalotorace, CL; Fig. 9A), il sesso, il numero di chele, la presenza di parassiti, lo stato riproduttivo (uova o schiuse). Inoltre, da circa 20 maschi di questo campione di individui sarà raccolto un pereiopode (Fig. 9B), tagliandolo con le forbici all'altezza della giuntura articolare. La rottura di un arto, sebbene possa sembrare una operazione molto dolorosa, è una forma di difesa per i

gamberi che perdono naturalmente i propri arti per riuscire a sfuggire a un predatore o a un competitore. Tutti i pereiopodi del campione saranno conservati in una provetta (50 ml) contenente etanolo fornita con l'equipaggiamento delle squadre e saranno utilizzati per caratterizzare geneticamente le popolazioni.

SCHEDE PER LA RACCOLTA DEI DATI DI CAMPIONAMENTO

Indipendentemente dal metodo di cattura utilizzato e dalla specie campionata, ogni giorno deve essere opportunamente compilata la *scheda monitoraggio decapodi* (Fig. 10). Nella scheda, oltre alle informazioni sulle catture giornaliere, devono essere registrate altre informazioni come la temperatura dell'acqua rilevata con un termometro da campo, le eventuali tracce di presenza (tane, resti, borre o rigurgiti indigesti etc.), lo scatto di una foto rappresentativa del sito di campionamento. Eventualmente, per ogni stazione, potranno essere indicate nella stessa scheda (*sez. osservazioni*) anche i migliori punti di accesso, le aree dove è possibile parcheggiare l'auto ed ogni possibile peculiarità utile da segnalare (presenza di buche sul fondo, forte corrente, etc.).

L'ultimo giorno di campionamento, per entrambe le specie saranno registrate nella *scheda popolazione* (Fig. 8) le principali caratteristiche fisiche, come la taglia (Fig. 9A), e il disegno di marcatura (Fig. 8).

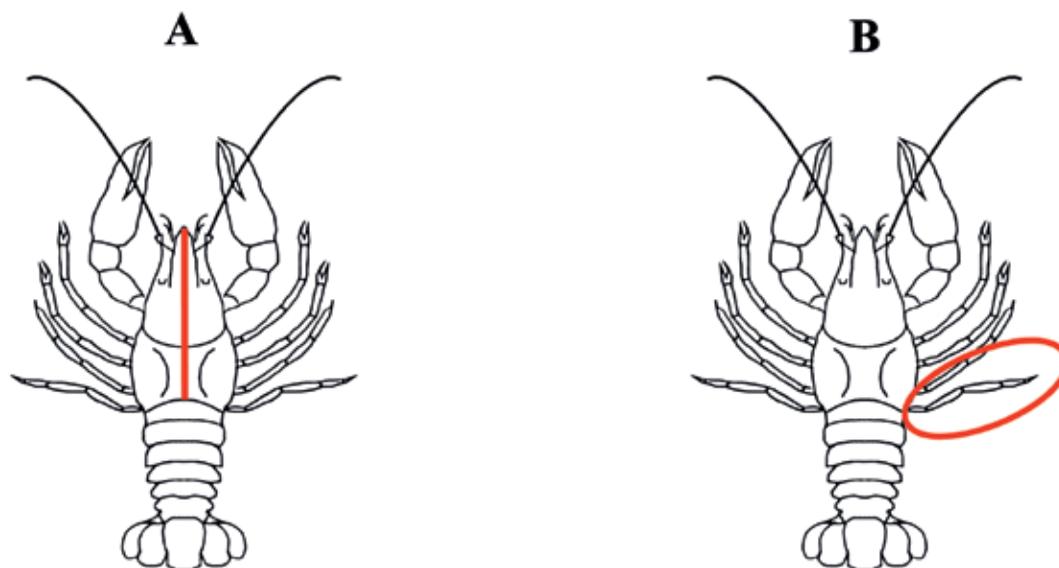


Figura 9 A, misura del cefalotorace (CL, mm), ovvero misura della distanza dalla punta del rostro all'inserzione dell'addome, da rilevare con un calibro in entrambe le specie; B, raccolta di una zampa dall'ultimo paio di pereiopodi da 20 individui maschi di entrambe le specie.

			SCHEDA MONITORAGGIO DECAPODI RARITY LIFE10 NAT/IT/000239		 Rif. <input type="text"/>
Data <input type="text"/>	Ora <input type="text"/>	Compilatore <input type="text"/>			
Telefono <input type="text"/>		Corso d'acqua <input type="text"/>			
T acqua <input type="text"/>	Tracce gamberi <input type="text"/>		Foto <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
(tane, resti, borre...)					
se "No", specificare motivo: _____					
Osservazioni (eventuali situazioni di pericolo o altro)					
Gambero Indigeno (<i>A. pallipes</i> complex, A)				Gambero Americano (<i>P. clarkii</i>, P)	
Pescata	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tot. catturati	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tot. già marcati	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Metodo di cattura	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Scheda popolazione <input type="text"/> <input type="text"/>		
Osservazioni (presenza di altre specie, perdita/rottura trappole, tempo di campionamento o altro)					

Figura 10 scheda di monitoraggio decapodi, in cui devono essere registrati i risultati delle catture effettuate nelle 5 giornate di monitoraggio indipendentemente dal metodo di cattura utilizzato.

SCHEDA POPOLAZIONE
RARITY LIFE10 NAT/IT/000239

Rif.

Data Compilatore Telefono pag.

Gambero Indigeno (*A. pallipes* complex, **A**) Gambero Americano (*P. clarkii*, **P**) In questa scheda la specie è: **A** o **P**

ID	Sesso (M, F)	CL (mm)	Chele (2, 1, 0)	Parassiti (Si, No)	Uova (Si, No)	Schiuse (Si, No)	Muta (Si, No)	Marcatura (disegno)	Osservazioni
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									

Figura 11 Scheda di popolazione relativa alle specie di gamberi pescati durante il monitoraggio.

GESTIONE ICS (INDIGENOUS CRAYFISH SPECIES): IL PERCHÉ

I GAMBERI INDIGENI (ICS)

Le specie considerate indigene delle acque italiane sono *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) e *A. torrentium* (Schrank, 1803). *Astacus Astacus* (Linnaeus, 1758), specie tipica dell'Europa settentrionale, è presente anche in Italia limitatamente alle regioni nord orientali ma la sua reale appartenenza al territorio sembra essere incerta (Oberkofler et al., 2002; Edsman et al., 2010). In Figura 12 sono riportate le tre specie e il loro areale di distribuzione aggiornato al 2010. La specie *Austropotamobius pallipes* è sicuramente il gambero indigeno più diffuso nella penisola italiana. Negli ultimi anni,

attraverso analisi allo-enzimatiche (Santucci et al., 1997) e molecolari (Fratini et al., 2005), la sistematica di questa specie è apparsa molto più complicata di quanto precedentemente ritenuto. Questo taxon sembra in realtà essere composto da due linee evolutive geneticamente ben distinte: *A. pallipes* presente nell'Italia nord-occidentale e *A. italicus* nel resto della penisola. Quest'ultima è a sua volta composta da quattro sotto-specie: *A. i. italicus* nell'Appennino Tosco-emiliano; *A. i. carinthiacus* nell'Italia centrale e nord occidentale; *A. i. carsicus* nell'Italia nord orientale; *A. i. meridionalis* nel Lazio, nelle Marche, in Abruzzo e nelle regioni meridionali (Fratini et al., 2005). Nonostante queste evidenze genetiche (Manganelli et al., 2006), la sistematica del gambero indigeno italiano è ancora oggetto di intensa discussione e, dato che non c'è stato ancora un effettivo riconoscimento di *A. italicus* come

Astacus astacus



Austropotamobius pallipes (complex)



Austropotamobius torrentium



Figura 12 I gamberi indigeni italiani e la loro distribuzione (modificato da Aquiloni et al. 2010)

specie distinta, il taxon di appartenenza del gambero indigeno italiano viene genericamente definito come *A. pallipes* complex o, più semplicemente, *A. pallipes*, utilizzando la vecchia nomenclatura (Holdich et al., 2006). Mentre la definizione del suo stato tassonomico è in divenire, la specie continua il suo rapido declino in tutto l'areale storico di distribuzione. A conferma di tale declino, la IUCN nel 2010 ha elevato lo stato di conservazione del gambero da "vulnerabile" a "in pericolo". Il gambero *A. torrentium* è autoctono dell'Europa centrale e dell'Italia ma la sua reale distribuzione e abbondanza è così poco conosciuta da rendere difficile la stima sul suo effettivo stato di conservazione. In Italia è presente nelle regioni nord orientali con una distribuzione molto frammentata e in rapido declino: 2 delle 3 popolazioni censite nel 1995 in provincia di Udine sembrano, infatti, essersi estinte nel 2005 (Machino & Füreder, 2005).

La regione Friuli Venezia Giulia (FVG) presenta un'elevata biodiversità relativamente alla fauna astacicola in quanto ospita, unica tra le regioni d'Italia, tutte le specie di gamberi indigeni italiani ed anche il gambero nobile *Astacus astacus*,

la cui autoctonia sembra però essere incerta. I diversificati ambienti dulcacquicoli del FVG rappresentano quindi un laboratorio naturale per lavorare sulla biodiversità astacicola italiana. Il progetto Life+ RARITY ha come obiettivo primario proprio quello di arrestare il declino del gambero indigeno nelle acque regionali e, al contempo, diffondere la consapevolezza del valore che la specie indigena riveste per la conservazione della qualità delle acque dolci della regione.

IL "VALORE" DELLA SPECIE INDIGENA: CENNI STORICI

Alla fine del XIX secolo, lo stato dei gamberi d'acqua dolce in Italia risultava già gravemente compromesso. Come riportato dal Prof. Decio Vinciguerra (1899) in una relazione presentata alla Commissione Consultiva della Pesca, la distribuzione del gambero "sassaiolo", come l'autore chiamava il gambero indigeno, appariva drasticamente contratta rispetto al trentennio precedente soprattutto in molte località dell'Italia set-

trientionale. Tale contrazione era imputata alle epizoozie causate dalla peste del gambero (Vinciguerra, 1899), l'infezione che oggi sappiamo essere indotta dall'oomicete parassita di origine nord-americana *Aphanomyces astaci*. Vinciguerra auspicava lo sviluppo dell'astacicoltura, che avrebbe dovuto sostituirsi alla pesca per far fronte alla contrazione delle popolazioni naturali, suggerendo l'introduzione in Italia di nuove e



Figura 13 Il gambero nella storia: stemma del comune di Amaro.

più resistenti specie. Tra queste, suggeriva *Cambarus cambarus* degli Stati Uniti (oggi conosciuto come *Procambarus clarkii*) come un ottimo candidato a sostituire il gambero indigeno in quanto "refrattario all'epidemia" (ovviamente, agli occhi di uno studioso di fine Ottocento, non conscio dei problemi legati all'introduzione di specie alloctone, questa doveva sembrare un'ottima caratteristica per la produzione di gamberi).

Il valore che la specie ha per il territorio e per le popolazioni locali si riflette anche nelle tradizioni e nei costumi, nelle ricette e nelle sagre, nell'arte e nella simbologia, nei cognomi e nei toponimi.

Anche in FVG sono presenti tracce che indicano il valore storico del gambero per le popolazioni locali. Ricordiamo, ad esempio, lo stemma del paese di Amaro con il gambero disposto centralmente su bande alternate grigie e azzurre (Fig. 13), così come le numerose sagre e feste popolari che animano il territorio con gustose ricette a base di gambero.

GLI IMPATTI SULLA SPECIE INDIGENA

A distanza di oltre un secolo, la fauna astacicola ha subito un ancor più drastico declino su tutto il territorio nazionale. Ciò è accaduto per effetto del moltiplicarsi di minacce a carico dei gamberi indigeni, incluse quelle prodotte dall'introduzione di gamberi alloctoni, primo tra tutti proprio *P. clarkii*, che poco più di un secolo fa sembrava rappresentare la soluzione al crollo delle produzioni astacicole. La capacità di questa specie di resistere all'epidemia, definita da Vinciguerra come "pregevole qualità", si traduce di fatto nella capacità di trasportare e trasmettere la peste alle popolazioni di gamberi locali, determinandone l'estinzione. Inoltre, le sue caratteristiche ecologiche, comportamentali e riproduttive rendono *P. clarkii* una delle specie invasive più pericolose al mondo, la cui espansione sembra, ad oggi, inarrestabile. In Italia come nel resto dell'Europa, un altro importante fattore che contribuisce alla riduzione delle popolazioni di gambero autoctono è la sempre più spiccata antropizzazione dei sistemi idrografici nelle sue svariate forme (cementificazioni, arginature, sbarramenti, dighe, etc.), intensificatasi negli ultimi 50 anni; nelle aree a più alto tasso di industrializzazione, già negli anni '60 e '70 del secolo scorso

so molti corsi d'acqua che prima ospitavano alte densità di popolazione sono stati oggetto di consistenti deterioramenti e depauperamenti, culminati spesso in estinzioni locali. Oltre alle frequenti epizoozie dovute ad infezioni parassitarie e ad un sovra-sfruttamento delle popolazioni naturali dovuto alla pesca eccessiva, adesso illegale, le cause ritenute responsabili della difficile situazione attuale della fauna astacicola italiana sono molteplici e includono: trasformazione dell'uso del suolo delle aree interessate dai reticoli idrografici; opere di drenaggio e canalizzazioni; trasformazione di alcuni fiumi in canali navigabili; sbarramenti dei corsi d'acqua (dighe, chiuse, etc.); prelievi eccessivi e sprechi di acqua per uso industriale, agricolo e civile; scarichi di acque calde legate alla produzione di energia elettrica; scarichi industriali e urbani; acidificazione delle acque; immissione deliberata o accidentale di specie alloctone con il loro carico parassitario.

LA NORMATIVA PER LA TUTELA

Nel 1983, *A. pallipes* è stato inserito nella lista rossa degli animali minacciati e classificato come specie vulnerabile dalla IUCN (Baillie & Groombridge, 1996). Inoltre, le Direttive 92/43/CEE Habitat (per la conservazione di Habitat Naturali, Flora e Fauna selvatiche) e 97/62/EU qualificano *A. pallipes* come specie di interesse della Comunità Europea, per la quale sono necessarie aree di conservazione (Allegato II) e i cui prelievi devono essere sottoposti a gestione (Allegato V). Tali direttive sono state recepite dall'Italia attraverso il DPR 357/97 in cui si sottolinea l'importanza di questa specie, sostenendo la necessità di misure di gestione che ne regolino il prelievo in natura e lo sfruttamento. Alcune amministrazioni regionali hanno introdotto legislazioni restrittive. In FVG vige la legge regionale 34/81 (art. 18) che vieta la cattura del gambero (con esplicito riferimento alla specie *Astacus*). Infine, il DPR 120/03, di modifica ed integrazione del DPR 357/97, vieta la reintroduzione, l'introduzione e il ripopolamento in natura di specie e popolazioni alloctone, mentre impone la produzione di linee guida per la reintroduzione ed il ripopolamento delle specie autoctone (in particolare quelle presenti in allegato D del DPR 357 e in allegato I della Direttiva Uccelli 79/409/CEE).

LA GESTIONE DELLA SPECIE ATTRAVERSO LA GESTIONE DELL'HABITAT

Il gambero indigeno è una specie molto esigente in quanto la sua sopravvivenza è legata a precise caratteristiche dell'habitat (Renai et al., 2006). Per questo motivo è considerato un bioindicatore, ovvero un indicatore di buona qualità biologica dell'habitat: la presenza del gambero nei torrenti è garanzia della qualità degli stessi. Allo stesso modo, il mantenimento della specie è assicurato solo dalla conservazione delle caratteristiche pristiniche del corso d'acqua.

GESTIONE ICS (INDIGENOUS CRAYFISH SPECIES): IL COME

LE INFORMAZIONI NECESSARIE AD UNA CORRETTA GESTIONE

In accordo con quanto previsto dal DPR 357/1997, come modificato dal DPR 120/2003, l'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (INFS, oggi ISPRA) ha elaborato nel 2006 delle *linee guida per la reintroduzione e il ripopolamento di specie faunistiche di interesse comunitario* che definiscono i principi generali per la realizzazione di tali interventi. Le linee guida, da cui sono tratte le informazioni di seguito riportate, sono la base per la progettazione degli interventi di gestione del gambero indigeno previsti nel progetto Life+ RARITY.

Secondo quanto previsto nelle linee guida, per il recupero delle specie localmente estinte va data priorità, quando possibile, agli interventi di conservazione *in situ* delle popolazioni residue della specie, anche favorendone l'espansione naturale, rispetto a quelli di conservazione *ex situ* (quali allevamento o reintroduzioni). I primi infatti hanno maggiori probabilità di successo, un più favorevole rapporto costi benefici e comportano minori rischi di causare impatti indesiderati. Pertanto, "le reintroduzioni devono rappresentare uno strumento di intervento eccezionale, da programmare solo qualora specifici obiettivi di conservazione non possano essere raggiunti con misure di conservazione *in situ*". Tuttavia, nello stesso testo si specifica che "la reintroduzione può rappresentare un potente strumento di recupero delle specie estinte o in pericolo

di estinzione (...), può determinare espansioni che, in alcuni casi, non sarebbero possibili senza l'intervento dell'uomo, o potrebbero richiedere tempi molto lunghi e/o non prevedibili (...), può accelerare fenomeni di espansione naturale determinando effetti positivi di conservazione". E aggiunge anche che "le reintroduzioni devono essere programmate sulla base di un adeguato studio che - oltre all'opportunità ed alla fattibilità dell'intervento - analizzi con un approccio olistico ed in modo approfondito e completo, tutti i possibili fattori di rischio connessi alla reintroduzione identificando anche le possibili misure di contenimento di tali rischi".

I DATI DA RACCOGLIERE

Purtroppo, a causa della consistente riduzione delle popolazioni di gambero indigeno dovuta ai numerosi impatti ormai presenti in gran parte del suo areale storico di distribuzione (ad es. distruzione e frammentazione degli habitat di elezione, inquinamento, competizione con specie di gamberi alloctoni naturalizzati, epidemie di afanomicosi, pesca illegale, introduzioni di predatori alloctoni), intraprendere azioni di reintroduzione risulta indispensabile e prioritario per la conservazione della specie.

Secondo quanto indicato da Gherardi nelle linee guida per la reintroduzione di gamberi d'acqua dolce autoctoni contenuto nelle Linee Guida dell'INFS (2006), tali interventi potranno risultare efficaci solo se: (1) si assicuri il mantenimento o il ripristino degli habitat elettivi per le specie di interesse, (2) si

ALCUNE DEFINIZIONI

Specie autoctona o indigena: specie naturalmente presente in una determinata area geografica nella quale si è originata o è giunta senza l'intervento diretto (intenzionale o accidentale) dell'uomo.

Specie alloctona (sinonimi: esotica, aliena): specie che non appartiene alla fauna o alla flora originaria di una determinata area geografica, ma che vi è giunta per l'intervento diretto (intenzionale o accidentale) dell'uomo.

Specie alloctona naturalizzata: specie alloctona per una determinata area geografica ove è

rappresentata da una o più popolazioni che da tempo si sono insediate con successo ed in grado di autosostenersi nel lungo periodo.

Specie alloctona acclimatata: specie alloctona per una determinata area geografica, introdotta in tempi recenti e che, pur in grado di sopravvivere nell'immediato, non ha ancora raggiunto livelli di consistenza e di distribuzione tali da assicurare l'autosostentamento nel lungo periodo.

Specie accidentale: specie animale occasionalmente presente in una determinata area geografica, nella quale è giunta naturalmente (senza intervento diretto o indiretto dell'uomo), in seguito a movimenti migratori o di dispersione all'esterno dell'areale abitualmente occupato.

Specie alloctona invasiva: specie alloctona la cui introduzione in natura e/o la cui espansione rappresenta una minaccia per la diversità biologica.

Immissione: trasferimento e rilascio, intenzionale o accidentale, di una specie. Un'immissione intenzionale viene indicata con il termine traslocazione. Reintroduzioni, ripopolamenti e introduzioni rappresentano casi specifici di immissioni intenzionali (traslocazioni).

Reintroduzione: traslocazione finalizzata a ristabilire una popolazione di una determinata specie autoctona in una parte del suo areale di documentata presenza naturale in tempi storici nella quale risulta estinta.

Ripopolamento: traslocazione di individui appartenenti ad una specie che è già presente nell'area di rilascio.

Introduzione: traslocazione di una specie in un'area posta al di fuori del suo areale di documentata presenza naturale in tempi storici.

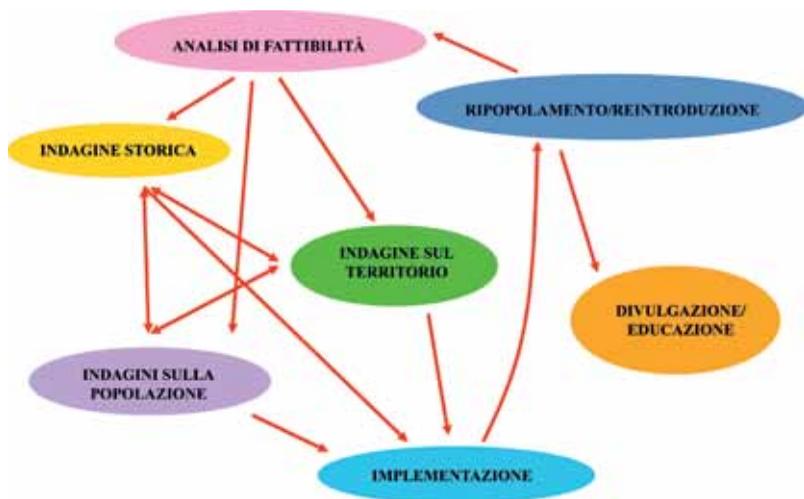


Figura 14 Fasi per la realizzazione di interventi di ripopolamento o reintroduzione.

impedisca l'introduzione e la diffusione di specie di gamberi alloctoni invasivi, e (3) si informi, si educi e si sensibilizzi il pubblico per evitare la pesca illegale di gamberi e la diffusione mediata dall'uomo delle spore del fungo parassita *Aphanomyces astaci* (per es., attraverso la regolare sterilizzazione degli attrezzi di pesca).

Le esperienze per la gestione dei gamberi condotte in altri Paesi (Reynolds et al., 2002; Schultz et al., 2002; Sint & Füreder, 2004; Smietana et al., 2004; Taugbøl & Peay, 2004; Souty-Grosset & Reynolds, 2009) hanno evidenziato la necessità di far precedere gli interventi di reintroduzione/ripopolamento da uno studio di fattibilità. Tale studio informa sull'opportunità (o meno) di dar corso all'intervento (si tratta in genere di interventi molto costosi e lunghi, in particolare nel caso delle reintroduzioni) ed anche sulle eventuali modalità di realizzazione caso per caso (ad esempio, se nel sito è necessario aumentare il numero di rifugi, rimuovere specie alloctone, limitare il disturbo antropico o vietare il rilascio di pesci predatori ecc...), integrando dati sulla presenza/distribuzione del gambero indigeno in tempi storici e sulle eventuali cause di estinzione/rarefazione, con informazioni di tipo genetico sulla popolazione (da campioni museali, popolazioni vicine o individui superstiti nel caso di ripopolamenti) e sulle caratteristiche di idoneità dell'habitat. L'integrazione di questo tipo di informazioni (Fig. 14) consente la valutazione della fattibilità e delle probabilità di successo dell'intervento.

LE PROCEDURE DI REINTRODUZIONE

Le procedure di reintroduzione che hanno riscosso maggiore successo (Reynolds et al., 2002; Schultz et al., 2002; Renai et al., 2006; Aquiloni et al., 2009) comportano l'uso di una popolazione di almeno 100-200 fondatori, maturi sessualmente, di diverse classi di taglia con un rapporto tra sessi di 1

maschio su 3 femmine. Il periodo ottimale di reintroduzione è successivo alla liberazione dei piccoli da parte delle femmine e precedente alla fase di accoppiamento. I fondatori possono essere mantenuti in gabbie dotate di adeguati rifugi per 1-4 settimane prima del rilascio; il rilascio deve avvenire in aree caratterizzate da condizioni fisico-chimiche favorevoli e disponibilità di rifugi naturali e/o artificiali individuate attraverso lo studio di fattibilità.

Per la scelta degli individui fondatori, oltre ad assicurare caratteristiche di idoneità genetica, è necessario valutare anche le condizioni sanitarie, in particolare la presenza di patogeni quali Funghi (*Aphanomyces astaci*, *Saprolegnia* spp., *Fusarium* sp.), Protozoi (*Thelohania contejani*, *Psorospermium* spp), Virus e Anellidi (*Branchiobdella* spp.) (Dieguez-Urbeondo, 2006). Inoltre, qualora i fondatori provengano da una popolazione naturale, il loro prelievo non deve compromettere la sopravvivenza della popolazione donatrice. Le linee guida prodotte dall'INFS suggeriscono comunque l'utilizzo di fondatori allevati in condizioni semi-naturali o in acquacoltura perché più facilmente controllabili sul piano tassonomico, genetico e sanitario. Per non depauperare le popolazioni naturali e, in accordo con quanto suggerito dalle Linee Guida, nel progetto Life+ RARITY sono stati previsti degli impianti di acquacoltura per la produzione di individui destinati a ripopolamenti e reintroduzioni.

LE RICADUTE GESTIONALI

Il successo di una reintroduzione/ripopolamento dipende da numerosi fattori ed è valutabile solo a lungo termine. Per questo motivo è necessario pianificare le azioni nel tempo così come le risorse finanziarie destinate alla loro attuazione, prevedendo un lungo periodo di monitoraggio successivo all'attività di reintroduzione/ripopolamento vera e propria. Le attività di rilascio devono, infatti, essere ripetute nel tempo per

almeno tre anni e la popolazione deve essere monitorata per almeno tre anni successivamente alla fine dei rilasci. Anche il sito, individuato sulla base di uno studio di fattibilità, deve essere mantenuto in condizioni ottimali per la specie per non vanificare gli sforzi fatti: tutte le eventuali minacce, come il disturbo antropico, la riduzione della copertura arborea o della disponibilità di rifugi, devono essere tempestivamente rimosse. Solo quando, attraverso il monitoraggio, la popolazione risulta stabilizzata nel sito di rilascio dove è ormai presente con riproduttori e, in particolare, con femmine ovigere e giovani, l'attività ha avuto successo e la frequenza dei monitoraggi può essere ridotta.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2006. Linee guida per la reintroduzione e il ripopolamento di specie faunistiche di interesse comunitario, INFS.
- Anda, P., Segura del Pozo, J., Díaz García, J.M., Escudero, R., García Peña, F.J., López Velasco, M.C., Sellek, R.E., Jiménez Chillarón, M.R., Sánchez Serrano, L.P. & Martínez Navarro, J.F., 2001. Waterborne outbreak of tularemia associated with crayfish fishing. *Emerging Infectious Diseases* 7:575-582.
- Aquiloni, L., Brusconi, S., Renai, B., Tricarico, E., Trunfio, C. & Gherardi, F., 2009. Reintroduzione del gambero indigeno minacciato *Austropotamobius italicus* in Provincia di Firenze. Relazione tecnica, Provincia di Firenze.
- Aquiloni, L., Tricarico, E. & Gherardi, F., 2010. Crayfish in Italy: distribution, threats and management. *Invited Review, International Aquatic Research* 2:1-14.
- Aquiloni, L., Martín, M.P., Gherardi, F. & Diéguez-Urbeondo, J., 2011. The North American crayfish *Procambarus clarkii* is the carrier of the oomycete *Aphanomyces astaci* in Italy. *Biological Invasions* 13:359-367.
- Baillie, J. & Groombridge, B., (eds.), 1996. IUCN Red list of Threatened Animals. IUCN, Gland, Switzerland.
- Barbaresi, S., Tricarico, E. & Gherardi, F., 2004. Factors inducing the intense burrowing activity by the red-swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, an invasive species. *Naturwissenschaften* 91:342-345.
- Bertolino, S. & Genovesi, P., 2007. Semiaquatic mammals introduced to Italy: case studies in biological invasions. In: Gherardi F. (Ed.). *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution, and threats*. *Invasion Ecology*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 507-542.
- Byrne, C.F., Lynch, J.M. & Bracken, J.J., 1999. A sampling strategy for stream populations of white-clawed, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) (Crustacea, Astacidae). *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* 99B:89-94.
- Collins, V., 2006. £100,000 battle against alien crayfish ends in defeat. *Crayfish News* 28: 10-11.
- Correia, A.M. & Ferreira, O., 1995. Burrowing behaviour in the introduced red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). *Crustacean Biology* 15:248-257.
- Costanza, R., D'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & Van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.
- Diéguez-Urbeondo, J., 2006. *Pathogens, parasites and ectocommensals*, in AA.VV, *Atlas of Crayfish in Europe*, Paris, Muséum national d'Histoire naturelle, pp. 187.
- Elzinga, C.L., Salzer, D.W. & Willoughby, J.W., 1998. *Measuring and Monitoring Plant Populations* (BLM Technical Reference 1730-1). Denver, CO: Bureau of Land Management.
- Edsman, L., Füreder, L., Gherardi, F. & Souty-Grosset, C., 2010. *Astacus astacus*. In: IUCN 2010. *IUCN Red List of Threatened Species*. Versione 2010.1
- Fratini, S., Zaccara, S., Barbaresi, S., Grandjean, F., Souty-Grosset, C., Crosa, G., Gherardi, F., 2005. Phylogeography of the threatened crayfish (genus *Austropotamobius*) in Italy: implications for its taxonomic and conservation. *Heredity* 94: 108-118.
- Geiger, W., Alcorlo, P., Baltanás, A. & Montes, C., 2005. Impact of an introduced crustacean on the trofic webs of Mediterranean wetlands. *Biological Invasions* 7:49-73.
- Gherardi, F., 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Invited review paper. Marine Freshwater Behaviour and Physiology* 39:175-191.
- Gherardi, F., 2007. Understanding the impact of invasive crayfish. In: Gherardi F. (Ed.), *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution, and threats*. *Invasion Ecology*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 507-542.
- Gherardi, F., Barbaresi, S., Vaselli, O. & Bencini, A., 2002. A comparison of trace metal accumulation in indigenous and alien freshwater macro-decapods. *Mar Fresh Behav Physiol* 35: 179-188.
- Gherardi, F. & Acquistapace, P., 2007. Invasive crayfish in Europe: the impact of *Procambarus clarkii* on the littoral community of a Mediterranean lake. *Freshwater Biol* 52:1249-1259.
- Gherardi, F., Aquiloni, L., Bertocchi, S., Brusconi, S., Scalici, M. & Tricarico, E., 2009. I gamberi alloctoni della regione Lazio: distribuzione, impatti, costi, rischi e gestione. *Rapporto tecnico del progetto: Atlante Specie Alloctone del Lazio (PASAL)*. Agenzia Regionale Parchi, Regione Lazio.
- Gherardi, F., Britton, J.R., Mavuti, K.M., Pacini, N., Grey, J., Tricarico, E. & Harper, D.M., 2011a. A review of al biodiversity in Lake Naivasha, Kenya: developing conservation actions to protect East African lakes from the negative impacts of alien species. *Biological Conservation* 144: 2585-2596.
- Gherardi, F., Aquiloni, L., Diéguez-Urbeondo, J. & Tricarico, E., 2011b. Managing invasive crayfish: is there any hope? *Aquatic Sciences* 73:185-200.
- Grandjean, F., Cornault, B., Archambault, S., Bramard, M. & Otrebsky, G., 2000. Life history and population biology of the white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes*, in a brook

- from the Poitou-Charentes region (France). *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 356:55-70.
- Holdich, D.M., 1999. The introduction of alien crayfish species into Britain for commercial purposes—an own goal? *Crustacean Issues* 12:85-97.
 - Holdich, D.M., Haffner, P., Noël, P., Carral, J., Füreder, L., Gherardi, F., Machino, Y., Madec, J., Pöckl, M., Smietana, P., Taugbol, T. & Vigneux, E. 2006. Systematics and phylogeny of freshwater crayfish, with particular reference to historical biogeography of Europe. In: Souty-Grosset C., Holdich D., Noël P., Reynolds J. & Haffner P. (eds): *Atlas of crayfish in Europe*. Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, France, pp. 50-129.
 - Hyatt, M.W., 2004. Investigation of crayfish control technology. Final Report Cooperative Agreement No. 1448-20181-02-J850. Arizona Game and Fish Department, Phoenix, pp: 93.
 - Johnson, R.K., Wiederholm, T. & Rosenberg, D.M., 1992. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg DM. e Resh VH. (ed.). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman and Hall.
 - Machino, Y. & Füreder, L., 2005. How to find a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803): a biogeographic study in Europe. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 376-377:507-517.
 - Madigosky, S., Alvarez-Hernandez, X. & Glass, J., 1991. Concentrations of aluminum in gut tissue of crayfish (*Procambarus clarkii*), purged in sodium chloride. *Journal Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 49:626-632
 - Manganelli, G., Favilli, L. & Fiorentino, V., 2006. Taxonomy and nomenclature of Italian white-clawed crayfish. *Crustaceana* 79:633-640.
 - Mazza, G., Agostini, N., Aquiloni, L., Carano, G., Inghilesi, A.F., Tricarico, E. & Gherardi, F., 2011. The indigenous crayfish *Austropotamobius pallipes* complex in a national park of Central Italy. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 401:24-36.
 - Oberkofler, B., Machino, Y. & Füreder, L., 2002. Occurrence of Noble Crayfish (*Astacus astacus*) in Italy. *Ber. nat.-med. Verein Innsbruck*, 89:201-209.
 - Peay, S., 2003. *Monitoring the White-clawed Crayfish Austropotamobius pallipes*. *Conserving Natura 2000 Rivers Monitoring Series No. 1*, English Nature, Peterborough.
 - Pimentel, D., 2002. *Biological invasions: economic and environmental cost of alien plant, animal and microbe species*. CRC Press LLC, Cleveland, OH, USA.
 - Renai, B. & Gherardi, F., 2004. Predatory efficiency of crayfish: comparison between indigenous and non-indigenous species. *Biological Invasion* 6:89-99.
 - Renai, B., Bertocchi, S., Brusconi, S., Gherardi, F., Grandjean, F., Lebboroni, M., Parinet, B., Souty-Grosset, C. & Trouilhé, M.C., 2006. Ecological characterization of streams in Tuscany (Italy) for the management of the threatened crayfish *Austropotamobius italicus*. *Bull. Français Pêche Piscicult.* 380-381:1095-1114.
 - Reynolds, J.D., Demers, A. & Marnell, F., 2002. Managing an abundant crayfish resource for conservation *A. pallipes* in Ireland. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 367:823-832.
 - Sala, O.E., Chapin, F.S. III, Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M. & Wall, D.H., 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770-1774.
 - Santucci, F., Iaconelli, M., Andreani, P., Cianchi, R., Nascetti, G. & Bullini, L., 1997. Allozyme diversity of European freshwater crayfish of the genus *Austropotamobius*. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 347:663-676.
 - Schulz, H.K., Stucki, T. & Souty-Grosset, C., 2002. Management: reintroductions and restocking. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 367:917-922.
 - Simberloff, D., 2000. Non-indigenous species: a global threat to biodiversity and stability. In: *Nature and human society: the quest for a sustainable world*, eds Raven P., Williams T. Washington DC: National Academy Press.
 - Sint, D. & Füreder, L., 2004. Reintroduction of *Astacus astacus* L. in East Tyrol, Austria. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 372-373:301-314.
 - Smart, A.C., Harper, D.M., Malaisse, F., Schmitz, S., Coley, S. & Gouder de Beauregard, A., 2002. Feeding of the exotic Louisiana red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Crustacea, Decapoda), in an African tropical lake: Lake Naivasha, Kenya. *Hydrobiologia* 488: 129-142.
 - Śmietana, P., Krzywosz, T. & Struzyński, W., 2004. Review of the national restocking programme "Active protection of native crayfish in Poland" 1999-2001. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 372-373: 289-299.
 - Smith, G.R.T., Learner, M.A., Slater, F.M. & Foster, J., 1996. Habitats features important for the conservation of the native crayfish *Austropotamobius pallipes* in Britain. *Biological Conservation* 75:239-246.
 - Souty-Gousset, C., Holdich, D.M., Noel, P.Y., Reynolds, J.D. & Haffner, P., 2006. *Atlas of crayfish in Europe*. Muséum national d'Histoire naturelle, Patrimoines Naturels, Paris pp. 188.
 - Souty-Grosset C. & Reynolds J.D. 2009. Current ideas on methodological approaches in European crayfish conservation and restocking procedures. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 1:394-395.
 - Taugbøl, T. & Peay, S., 2004. Reintroduction of native crayfish and habitat restoration. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 372-373:465-471.
 - Tricarico, E., Bertocchi, S., Brusconi, S., Casalone, E., Gherardi, F., Giorgi, G., Mastromei, G. & Parisi, G., 2008. Depuration of a cyanobacterial toxin from the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* and assessment of its food quality. *Aquaculture* 285:90-95.
 - Vinciguerra, D., 1899. I gamberi d'acqua dolce in Italia, in "Annali di Agricoltura" 219:1-25.



PROTOCOLLI DI CATTURA, ALLEVAMENTO E RIPOPOLAMENTO DEL GAMBERO DI FIUME NATIVO *AUSTROPOTAMOBIOUS PALLIPES* IN FRIULI VENEZIA GIULIA

OPERATIONAL PROTOCOLS FOR CATCHING, FARMING AND RESTOCKING THE NATIVE CRAYFISH SPECIES *AUSTROPOTAMOBIOUS PALLIPES* IN FRIULI VENEZIA GIULIA

– Giorgio De Luise –

consulente ETP
email giorgio.deluise@email.it

RIASSUNTO

Il presente lavoro descrive le principali operazioni e le tecniche che gli operatori di un'avannotteria devono porre in essere per produrre con successo giovanili di gambero di fiume ai fini del ripopolamento. L'allevamento della specie nativa prevede la cattura dei riproduttori selvatici, il riconoscimento dei sessi, la manipolazione delle femmine ovigere, il trasporto in impianto. Seguono poi la quarantena, la preparazione delle vasche di stabulazione e condizionamento, l'allestimento dei ricoveri, le buone pratiche igienico-sanitarie, la corretta alimentazione, e così via. Di particolare importanza la manipolazione e la stabulazione delle femmine ovigere, e le cure loro dedicate dall'ovodeposizione fino alla schiusa dei piccoli. Un capitolo a parte è riservato allo svezzamento dei giovanili, alle cure specifiche loro dedicate, alle operazioni di cattura, conteggio, trasporto, e rilascio in natura.

SUMMARY

The present work deals with the main procedures and techniques that hatchery operators should adopt to produce crayfish juveniles successfully for restocking purposes. The description includes capture of wild breeders, sex identification, manipulation of ovigerous females, transportation to the hatchery. Furthermore, the paper deals with quarantine, set up of holding and conditioning tanks, arrangement of tank shelters, proper sanitary, hygienic, and feeding practices. Details are given about the manipulation and holding of ovigerous females, and to the special care they need from spawning to hatching. A separated chapter relates to the growth of juveniles, their harvesting and counting, their transportation to release sites.

CATTURA DEI RIPRODUTTORI

Tre sono le tecniche di cattura che danno i migliori risultati: la pesca con le mani, quella con le nasse e quella elettrica. La scelta dipende dalla tipologia del luogo e spesso le diverse tecniche possono essere utilizzate congiuntamente. La cattura con le mani è la più comune, anche perché offre la possibilità, soprattutto nel periodo primaverile, di trovare ancora femmine con le uova. Laddove invece il livello dell'acqua non lo permette, l'impiego delle nasse si rende indispensabile. In questo caso è bene adoperare alcune esche di provata efficacia come, ad esempio, il cuore bovino, o il fegato suino (Foto 1).

Al di là delle tecniche adottate, si è visto che i maschi, generalmente più mobili, vengono catturati più frequentemente delle femmine. Queste ultime, se già con le uova, sono più restie ad allontanarsi dalle tane e solo in prossimità della schiusa riprendono le normali attività cercando nuovamente il cibo. In generale, tuttavia, i periodi di cattura più redditizi per entrambi i sessi sono l'estate, epoca di maggior attività,



Foto 1 Pesca con le nasse. Una nassa è stata da poco recuperata insieme ai gamberi che ha catturato nel corso della notte.

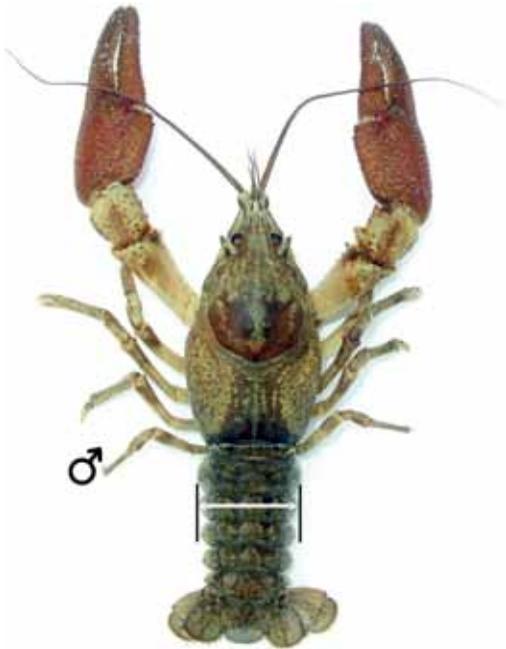


Foto 2 Maschio (a sinistra) e femmina (a destra) di *Austropotamobius pallipes*. Nella femmina si nota chiaramente la maggior larghezza dell'addome.

e l'autunno, periodo degli accoppiamenti e di maggior erratismo degli animali.

Anche la pesca elettrica, normalmente adoperata per il prelievo dei pesci, è utilizzabile, soprattutto nei piccoli corsi d'acqua poco profondi. In tutti i casi, comunque, per ottenere il miglior risultato è indispensabile, oltre a conoscere la conducibilità dell'acqua del sito, impostare un voltaggio e un amperaggio appropriati alla specie (di solito 200 Volt e 0,5-0,8 Ampere) (Westman et al., 1978), e mantenere attivo il campo elettrico per un periodo compreso tra 20 e 30 secondi.

RICONOSCIMENTO DEI SESSI

Un semplice e rapido modo per identificare già in acqua i maschi e le femmine, è quello di valutarne la larghezza dell'addome che, al di là della taglia, nella femmina è quasi sempre più ampio di quello del maschio (Foto 2).

Se poi, una volta catturato, si osserva l'animale ventralmente, il riconoscimento del genere è ancora più agevole. Esso è infatti correlato alla presenza o all'assenza dei gonopodi. Nei maschi le prime due paia di arti addominali, natatori, o pleopodi, sono infatti modificate in organi copulatori detti appunto gonopodi, che servono per il trasferimento delle spermatofores sull'addome della femmina durante l'accoppiamento. Si tratta di appendici del tutto assenti nel sesso femminile. Inoltre, se il soggetto procede in acqua con l'addome ripiegato, con tutta probabilità si tratta di una femmina ovigera che dovrà essere eventualmente catturata e manipolata con particolare cura, pena la perdita di gran parte delle uova. Un modo sicuro per

evitare danni e verificare nel contempo la qualità e lo stato di maturazione delle uova, è quello di trattenere le femmine ovigere con il pollice e l'indice che fermano le chele mentre l'anulare o il mignolo bloccano la coda (telson) (Foto 3 e Foto 4). Se infine le catture avvengono nel periodo riproduttivo che, nella maggior parte delle acque del Friuli Venezia Giulia inizia a metà settembre - primi di ottobre, protraendosi talvolta



Foto 3 Femmina ovigera di *Austropotamobius pallipes*. L'anulare dell'operatore blocca la coda dell'animale per evitare che un suo rapido movimento possa danneggiare le uova.



Foto 4 Femmina ovigera di *Austropotamobius pallipes*. Pollice e indice dell'operatore bloccano le chele mentre l'anulare immobilizza la coda dell'animale per evitare che un suo rapido movimento a scatto causi la caduta delle uova.

fino addirittura alla metà di dicembre, il sesso delle femmine risulta ancor più evidente: sotto l'addome, infatti, si possono distinguere delle tacche di color bianco latte, disposte lungo l'arco inferiore di ogni segmento addominale, e visibili anche dorsalmente, negli animali che si muovono in acqua.

Sovente, durante la ricerca dei gamberi, capita, soprattutto all'inizio dell'autunno e fino al principio dell'inverno, di catturare femmine già fecondate, facilmente riconoscibili per la presenza di un ammasso bianco e solidificato di consistenza simile alla gomma da masticare, attaccato sul ventre. Altro non è che il prodotto sessuale del maschio (spermatofore) con cui si sono accoppiate. Anche in questo caso bisogna essere cauti nella cattura, manipolazione e trasporto: le spermatofore possono infatti staccarsi e vanificare la (successiva) fecondazione delle uova. In queste circostanze è buona norma disporre di un contenitore per il trasporto esclusivo delle femmine (Foto 5). Prima di procedere alle catture si dovranno identificate aree di reperimento dei gamberi nativi nelle quali si sia constatato, oltre all'assenza della specie aliena *Procambarus clarkii*, che la popolazione della specie locale sia numerosa, bene organizzata, fisicamente integra e senza apparenti problemi sanitari. Successivamente si potrà, nei periodi propizi, catturare gli individui sessualmente maturi, che verranno poi suddivisi e separati in allevamento per aree di prelievo. Ciò



Foto 5 Femmina di *Austropotamobius pallipes*. All'altezza del pollice dell'operatore, incastonate sull'addome tra le ultime paia di arti ambulacrali (pereiopodi), sono chiaramente visibili le spermatofore che il maschio ha fatto aderire al corpo della femmina durante il recente accoppiamento.

al fine di costituire un parco-riproduttori, testato e caratterizzato anche geneticamente, per la successiva produzione di piccoli da reimmettere nelle acque di provenienza dei genitori. I soggetti saranno scelti oltre che in funzione di taglia e sesso (femmine più grandi producono più uova e quindi più piccoli), anche per la loro docilità, carattere estremamente importante per l'allevamento in cattività. Gli animali stabulati in spazi ristretti possono infatti intensificare la loro naturale indole al cannibalismo che, oltre a provocare indesiderate perdite, stressa gli animali, e porta a diminuzioni delle rese produttive.

TRASPORTO DEI RIPRODUTTORI

Per il trasporto fino al centro di allevamento, si possono utilizzare diversi mezzi tenendo sempre presente che anche i crostacei, al pari dei pesci, patiscono lo stress da movimentazione. Le pratiche di manipolazione e di stoccaggio sia durante la fase di cattura, che durante il viaggio, devono rispettare in modo rigoroso i requisiti minimi di benessere della specie.

Il mezzo di trasporto più sicuro è costituito da vasche isotermitiche in vetroresina complete di bombola per l'erogazione in continuo di ossigeno, del tutto simili, anche se di capacità inferiore, a quelle normalmente presenti sugli automezzi ETP per il trasporto di animali vivi. Queste vasche trovano tra l'altro facilmente posto anche nel bagagliaio di una comune utilitaria. Un secondo modo, molto in uso tra i produttori europei di gamberi, è rappresentato dal trasporto cosiddetto a secco, che sfrutta la caratteristica di tutti i crostacei di utilizzare, all'occorrenza, direttamente l'aria atmosferica per soddisfare il fabbisogno di ossigeno. Ciò permette loro di trattenersi per un tempo più o meno lungo e senza problemi fuori dall'acqua. Tale

particolarità viene sfruttata dagli allevatori e dai commercianti per trasportare i gamberi all'interno di semplici ceste di vimini o in contenitori di poliuretano opportunamente forati dove gli animali vengono sistemati, assieme a vegetali acquatici, o trucioli di legno bagnati, in modo da garantire un'umidità ambientale costante durante tutto il trasporto (**Foto 6**).

Se al contrario l'ambiente fosse povero di umidità, l'apparato branchiale dell'animale si disidraterebbe provocandone la morte. Un utile accorgimento per il trasporto, soprattutto in estate, quando le temperature esterne sono elevate, è quello di sistemare all'interno del contenitore con i gamberi una o più siberine congelate. Prima di immettere gli animali trasportati a secco nelle strutture dell'impianto, bisogna ricordare alcuni principi fondamentali per il buon esito dell'operazione e per garantire alte percentuali di sopravvivenza. Ciò vale anche



Foto 6 Esempio di materiali vegetali utilizzabili per il trasporto a secco dei gamberi di acqua dolce (nella foto *Austropotamobius torrentium*) catturati in un sito regionale nel 2003.



Foto 7 Immissione "pancia all'aria" nell'acqua della vasca di allevamento dell'impianto ittico di San Vito al Tagliamento di un gambero trasportato a secco.

per le successive operazioni di ripopolamento con i giovanili prodotti in avannotteria. È indispensabile quindi attenersi ad alcune regole base poiché la permanenza dei crostacei all'asciutto fa sì che i loro setti branchiali si riempiano d'aria che deve essere espulsa gradualmente, man mano che dalla respirazione aerea si passa di nuovo a quella acquatica. L'introduzione in acqua senza precauzioni di crostacei trasportati per lungo tempo all'asciutto, equivale perciò a farne morire una parte per soffocamento. Il modo migliore è immergere gli animali in acqua tenendoli a pancia all'aria, al fine di facilitare la fuoriuscita delle bolle d'aria dalla camera branchiale (**Foto 7**). Un altro sistema frequentemente usato per trasporti a lunga distanza di femmine con uova e di giovanili anche di taglia inferiore a 1,5 cm, utilizza sacchetti o contenitori in PVC a chiusura ermetica riempiti per 2/5 d'acqua e per 3/5 di ossigeno puro. Questo mezzo, oltre ad essere molto facile, consente con poca spesa di impiegare piccoli container facilmente reperibili sul mercato.

STABILAZIONE E QUARANTENA

Al fine di evitare possibili contagi e la diffusione di patologie, una volta giunti nel centro di allevamento, e smistati per sito di prelievo, i gamberi selvatici devono essere sottoposti a quarantena (operazione preventivamente concordata con il veterinario di ETP responsabile). Si tratta di una pratica alla base di ogni forma di allevamento che impieghi soggetti provenienti da siti naturali, specie se distanti, e che dura almeno un paio di settimane, lasso di tempo sufficiente a far sì che i possibili agenti eziologici manifestino la loro virulenza.

Durante questa fase è buona regola osservare costantemente i nuovi arrivati valutandone eventuali comportamenti anomali, quali ad esempio lunghe soste al di fuori dei ricoveri artificiali, posture e modalità di movimento innaturali, rovesciamenti sul dorso e così via ... Tutte anomalie che compaiono già poche ore dopo l'introduzione in vasca, e fino a distanza di alcuni giorni o settimane dall'arrivo.

La quarantena facilita anche l'ambientamento degli animali e il loro adattamento alle nuove condizioni di vita (qualità dell'acqua, luminosità, struttura e tipologia dei ricoveri artificiali, alimentazione). Una volta terminata, si procede al trasferimento dei gamberi nelle vasche di stabulazione per le successive fasi colturali. A tale scopo di seguito si riportano alcune semplici e sintetiche istruzioni indispensabili per il buon esito di ogni operazione durante l'allevamento.

QUALITÀ DELL'ACQUA

Questo parametro è senza dubbio il più importante e deve assicurare la migliore qualità possibile in rapporto alle esigenze fisiologiche della specie allevata. Nel caso dei gamberi d'acqua dolce alcuni valori sono diversi a seconda delle specie allevata,

mentre altri (come il pH e il contenuto in calcio dell'acqua) sono ugualmente importanti per tutte le specie.

Tra i differenti parametri, il più critico è certamente il contenuto in calcio (Ca) disciolto. Il gambero può infatti svolgere al meglio tutte le sue funzioni biologiche solo in acque dove siano presenti almeno 50 mg/Ca/l. Se questo valore è invece inferiore o comunque basso, assieme all'apporto minerale fornito con il mangime artificiale, bisogna provvedere alla distribuzione di molluschi acquatici (meglio conosciuti come chiocciole d'acqua dolce) che, oltre all'integrazione nutritiva in sostanze proteiche, con la loro conchiglia calcarea rimediano egregiamente a questa carenza.

Per quanto riguarda la quantità d'acqua che deve fluire nelle vasche di allevamento va ricordato che, al contrario dei pesci, in condizioni di allevamento artificiale il gambero è meno esigente, accontentandosi di un ricambio completo ogni 24 ore. Un fattore fondamentale è l'approvvigionamento idrico che deve necessariamente fare capo ad una falda artesianiana. Le acque del pozzo dovranno essere preventivamente analizzate per scongiurare possibili contaminazioni da agenti patogeni, e per garantire agli animali caratteristiche fisico-chimiche del medium ideali e costanti. Ciò vale specialmente per la temperatura, fondamentale in questo caso. Si ricorda a tal proposito che, come avviene per gli animali ovipari, anche per i crostacei l'embrione per svilupparsi deve assorbire una quota di calore dall'ambiente circostante. Tanto più questo è (relativamente) caldo, tanto più breve è il tempo necessario per la maturazione e la schiusa delle uova.

A tal riguardo si devono considerare numerosi fattori, senza dimenticare che nel gambero il periodo di maturazione dell'embrione è regolato principalmente dalla temperatura dell'acqua, e viene usualmente misurato ed indicato in gradi/giorni. I gradi/giorni corrispondono al valore della temperatura media dell'acqua (espressa in gradi centigradi) moltiplicato per la durata dell'incubazione. A titolo di esempio possiamo dire che se con temperatura dell'acqua intorno a 10 °C le uova schiudono in circa 45 giorni, sono necessari 450 gradi/giorno perché la schiusa possa avere luogo. Nel caso del gambero nativo in Friuli Venezia Giulia, *A. pallipes*, il valore dei gradi/giorni è noto ed è pari a 1684 (De Luise G., 1991). Ciò significa che con temperature medie dell'acqua di 10 °C la schiusa richiede circa 168 giorni (5-6 mesi), mentre a 5 °C questo periodo raddoppia (337 giorni, oltre 11 mesi). È così calcolabile con buona approssimazione la data della presunta schiusa. Se la temperatura dell'acqua delle vasche in impianto si mantiene costante - possibilmente intorno ai 14 °C - maturazione ovarica e crescita larvale risultano accelerate rispetto a quanto avviene in ambiente naturale (con temperature inferiori) e l'ecclosione delle uova deposte in autunno può avvenire già a partire dal mese di febbraio (1684 gradi/giorno : 14 °C = 120 giorni o 4 mesi circa), con un anticipo di anche tre mesi rispetto all'ambiente di origine. Per quanto riguarda le modalità di carico idraulico della vasca, il miglior sistema è quello costituito da una condotta a due vie



Foto 8 Modifica in una vasca per la stabulazione di gamberi d'acqua dolce dell'adduzione idrica tradizionale (A) con un sistema sommerso a due vie (B).

che poggia sul fondo e che consente di ottenere alcuni importanti vantaggi: migliora la pulizia e crea un flusso costante, arricchendo nel contempo di ossigeno la porzione inferiore della colonna d'acqua in cui vivono i gamberi, e riproducendo condizioni idrodinamiche simili a quelle tipiche dell'ambiente naturale (Foto 8).

PREDISPOSIZIONE DELLE ATTREZZATURE DI BASE PER L'ALLEVAMENTO

Prima di introdurre i riproduttori in impianto, bisogna predisporre le vasche che serviranno per l'intero ciclo produttivo. Per prima cosa bisogna fare una disinfezione preventiva dei

locali, delle vasche e delle attrezzature, e solo in seguito si attrezzano opportunamente le vasche di stabulazione. A proposito di disinfezione, nella panoramica dei prodotti registrati per l'impiego in acquacoltura, quelli a base di Clorammina-T (il più usato è conosciuto con il nome commerciale di Halamid®) risultano i più efficaci contro microorganismi patogeni dei pesci e dei gamberi. Questo principio attivo di solito è impiegato come soluzione acquosa e va preparato sciogliendo il prodotto in acqua pulita alla concentrazione raccomandata. La soluzione va impiegata a concentrazioni diverse a seconda dell'uso: per le vasche all'1-2%, per macchinari in genere, reti, guadini e nasse all'1%.

Successivamente, ogni singola vasca viene corredata con due semplici ma fondamentali attrezzi: un guadino a maglie strette (come quelli per acquariologia), ed una piccola scopa, che serviranno per le operazioni di pulizia e cattura.

Nella porzione terminale di ciascuna vasca, al di sopra della griglia di scarico, è buona regola sistemare una tavoletta di legno. Questa infatti è assai utile, oltre che per evitare fughe indesiderate di soggetti stabulati, come base di appoggio per le operazioni di controllo degli animali, e per la scheda tecnica che l'operatore provvede giornalmente a compilare (Foto 9).



Foto 9 Vasca per la stabulazione di gamberi di acqua dolce. Nella porzione terminale della vasca è ben visibile la tavola di legno che impedisce fughe di animali e serve quale base di appoggio per la scheda tecnica e le diverse operazioni gestionali.

Per la preparazione della parte interna della vasca, considerate la naturale predisposizione di questa specie a nascondersi alla luce diretta del giorno, e la necessità di assicurare ad ogni individuo un riparo che lo protegga dai suoi simili specialmente durante la muta, vanno collocati dei rifugi artificiali che possano servire da tana. È molto importante porre in ogni vasca un numero di ricoveri superiore a quello dei soggetti presenti e, soprattutto, di diametro diverso, in modo da offrire a tutti gli ospiti stabulati rifugi adeguati alle diverse taglie e ai gusti personali. Differenti possono essere i materiali impiegati, nello specifico è preferibile l'utilizzo di strutture tubolari in PVC per le taglie maggiori e di mattoni forati per il ricovero di giovanili (Foto 10).

ALIMENTO E MANGIATOIE

Gli animali presenti in impianto, per tutta la loro permanenza dipendono completamente o quasi dall'uomo, soprattutto in ordine alla disponibilità di cibo, in gran parte artificiale, integrato con una quota naturale di vegetali verdi e, se possibile, anche di alcune componenti animali quali vermi, chiocciole, e macroinvertebrati in genere.

Nel caso degli impianti ETP, per sopperire ai fabbisogni alimentari dei gamberi si utilizza un alimento artificiale completo e bilanciato, concepito secondo le esigenze nutritive della specie (autosufficiente), fornito sotto forma di pellet a diversa granulometria a seconda della taglia media dei soggetti allevati, che risulta ben apprezzato e, soprattutto, di consistenza tale da mantenersi compatto per almeno 48 ore.

A tale proposito merita ricordare che questi animali, soprattutto in cattività, davanti all'alimento artificiale non si comportano come fanno ad esempio le trote. Una volta somministrati i pellet infatti, i gamberi escono dalle loro tane allo scoperto solo dopo un certo periodo di tempo, si dirigono lentamente verso il cibo ed altrettanto lentamente lo afferrano con le loro "mani" (i *maxillipedi*), lo lavorano, lo sminuzzano, e infine lo ingeriscono.



Foto 10 Vasca per la stabulazione di gamberi di acqua dolce. Un esemplare sporge le antenne affacciato al suo ricovero artificiale, un comune tubo in PVC del diametro di qualche centimetro.



Foto 11 L'utilizzo di mangiatoie in forma di comuni tazzine da caffè facilita e migliora la distribuzione di cibo nelle vasche dove sono tenuti i gamberi di acqua dolce.

A causa di questo particolare comportamento se venisse fornito loro lo stesso pellet utilizzato in trotticoltura, pochi individui riuscirebbero a cibarsene, in quanto i granuli (non galleggianti: estrusi) in questa eventualità una volta in acqua perderebbero quasi subito la loro consistenza disgregandosi rapidamente. Dato che i gamberi di fiume prediligono alimenti consistenti piuttosto che molli, scarterebbero questi residui causando un doppio problema: la mancata o la sottoalimentazione dello stock e l'aumento di sedimenti di fondo che a lungo andare porterebbero ad una nociva eutrofia (inquinamento) della vasca.

Per ottimizzare la quantità di cibo somministrata giornalmente e la sua completa assunzione da parte dei gamberi si è visto che l'impiego di apposite mangiatoie (un semplice piattino da caffè può andar bene) è fondamentale per il buon esito della gestione dell'allevamento (Foto 11).

In questo modo si possono infatti facilmente controllare e quantificare al mattino il consumo notturno di alimento ed eventualmente pulire i possibili residui di cibo. Non va poi dimenticato che a causa del modesto ricambio idrico e della sensibilità allo stress dei gamberi stabulati (specialmente nel caso di individui appena nati, che sono difficilmente visibili e quantificabili), le vasche non possono essere pulite giornalmente, e quindi bisogna alimentare nelle giuste quantità in rapporto alla biomassa presente.

Come accade per altri organismi acquatici, il periodo di attività, la stagione, la temperatura dell'acqua, l'età ed il sesso influenzano direttamente la quantità di alimento assunto nell'unità di tempo. Le diverse esperienze dimostrano che in condizioni di allevamento intensivo il consumo medio giornaliero di larve e giovani gamberi (di 1 e 2 estati) è pari a circa il 5% del loro peso vivo, mentre quello degli adulti si attesta intorno al 3-4%. Per le femmine il discorso è diverso, queste infatti nel periodo

in cui portano uova, e fino alla schiusa, consumano solo lo 0,2-0,4% del proprio peso vivo. Per ottimizzare la quantità e la frequenza di somministrazione del cibo artificiale bisogna conoscere la biomassa presente in ciascuna vasca. A tale scopo gli operatori in impianto devono pesare fin dal loro arrivo tutti i gamberi, vasca per vasca, femmine ovigere escluse (queste durante l'intera gestazione tendono infatti a non alimentarsi e a non aumentare di peso), e questa operazione deve essere successivamente compiuta con cadenza quindicinale.

PIANTE ACQUATICHE

Questa componente naturale riveste un ruolo importante nella vita del gambero di acqua dolce, soprattutto quando l'animale è condizionato in ambiente artificiale e a densità relativamente elevate. Specie come *Nymphoea*, *Potamogeton*, *Ranunculus*, *Helodea*, *Fontinalis* e *Myriophyllum*, invase o libere sul fondo della vasca, oltre a rappresentare un'importante fonte di calcio, molto utile nel processo di muta, servono egregiamente ai gamberi come ripari supplementari, come fonte di ossigeno, e soprattutto come alimento consumato direttamente o in forma di epifiti (una miriade di piccoli invertebrati e di stadi larvali di varie specie) che in queste piante vivono e si sviluppano (Foto 12).

GESTIONE DELLE FEMMINE FECONDATE E OVIGERE

Tralasciando per ora la gestione del parco-riproduttori che inizialmente dovrà essere suddiviso per sesso (una vasca con le femmine ed una con i maschi), all'approssimarsi del periodo riproduttivo, quando si noteranno i primi cambiamenti nelle femmine ed una maggiore attività anche diurna dei maschi, si prenderanno questi ultimi - in proporzioni di almeno un esemplare per ogni tre femmine - e si porranno



Foto 12 Femmina di *A. Pallipes* ripresa nella "gabbia da parto" (vedi oltre) con la sua covata.

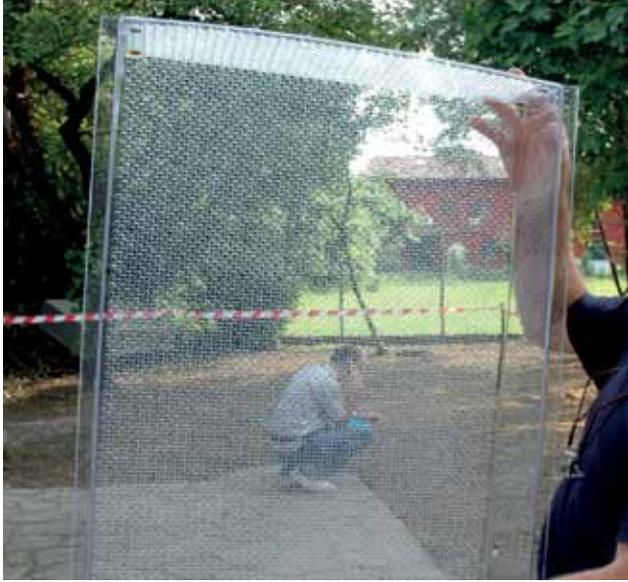


Foto 13 Gabbia da parto in polycarbonato trasparente forato per la stabulazione di femmine ovigere. La gabbia viene inserita direttamente nella vasca di stabulazione e alla schiusa i giovani nati cadono attraverso i fori nella parte profonda della vasca stessa, al riparo dall'eventuale predazione degli adulti.

in un'unica vasca dove, a distanza di poco tempo, avverranno gli accoppiamenti.

A questo punto, ad iniziare dal mese di settembre, giornalmente è necessario verificare se vi siano delle femmine già fecondate o, addirittura, con le uova (una femmina ne produce da 60 a 120). Per non creare ulteriore stress, si prelevano quelle pronte, trasferendole nelle nuove vasche (dove rimarranno fino al termine della lunga gestazione) all'interno di particolari strutture denominate "gabbie da parto" come quelle realizzate per il progetto Rarity (Foto 13).

Esse sono costituite da un contenitore in polycarbonato trasparente, opportunamente forato (in modo da assicurare il flusso idrico su tutta la sezione) e dotato di coperchio costruito su misura, appoggiato ai bordi delle vasche in modo da consentire una parziale immersione. Al momento opportuno, i numerosi fori consentono il passaggio dei piccoli nati, una volta indipendenti, evitando così la coabitazione con le madri, ed episodi di cannibalismo da parte di queste ultime. Dette vasche, attrezzate con vegetali acquatici, mangiatoia e opportuni ricoveri (uguali per tipologia e dimensioni a quelli dei riproduttori) hanno una superficie utile di 1 m² e sono in grado di ospitare dieci o più (se si tratta di soggetti di piccola taglia) femmine ovigere (Foto 14).

Trascorso il necessario periodo per la maturazione delle uova, facilmente desumibile dalla data di deposizione (se



Foto 14 Gabbie da parto in polycarbonato trasparente forato per la stabulazione di femmine ovigere attrezzate e inserite nelle vasche per la stabulazione dei riproduttori.



Foto 15 Il “vecchio vestito” (esuvia) lasciato da un giovane gambero tra il fogliame della vegetazione acquatica della vasca.



Foto 16 Larva di *A. pallipes* mentre si alimenta con i granuli del cibo artificiale.

avvenuta in impianto) dei lotti di femmine, con cadenza settimanale l'operatore dovrà ispezionare (con le dovute cautele) le singole strutture, verificare i ricoveri, rimuovere le femmine già sgravate e provvedere al loro collocamento in un settore riservato dell'impianto dove, dopo aver recuperato la loro forma fisica con abbondante alimento, al riparo dai maschi, potranno finalmente esuviare. Solo in un secondo tempo saranno reimmesse nelle vasche di stabulazione del parco-riproduttori assieme ai loro compagni, continuando così il ciclo produttivo.

Prima della nascita delle larve, sul fondo delle vasche vanno posizionati lungo tutto il perimetro sia i già ricordati mattoni

forati (diametro delle aperture 3/4 mm), sia alcune piante acquatiche prelevate per tempo nei vicini corsi d'acqua (scelti tra quelli sicuramente indenni dalla presenza della specie aliena) con i loro ospiti di cui sono naturalmente ricche.

Tutte queste erbe e mattoni servono da alloggio ai nascituri che le utilizzano per l'intero periodo di accrescimento, colonizzando gran parte dei fori, anche quelli dei piani superiori, e la vegetazione immessa che, oltre a rappresentare un riparo e un gradito cibo, viene adoperata anche e soprattutto quando devono esuviare o sono prossimi alla muta. È proprio allora che dimorano sempre più a lungo e volentieri all'interno dell'intricata rete vegetale permanendovi fino al momento di abbandonare il “vecchio vestito”. A questo punto sfruttano i pertugi tra il fogliame della pianta adoperandoli a mo' di morsa per aiutarsi nella svestizione (Foto 15).

Poco dopo o ritornano ai loro alloggi o rimangono nascosti tra le piante dove, al riparo dai compagni, attendono l'indurimento del nuovo carapace. In aggiunta a questi artifici, anche l'utilizzo di agglomerati di trucioli in PVC si è dimostrato molto utile allo scopo, aumentando nuovi spazi e rifugi a disposizione degli animali, anche di quelli che hanno già esuviato, e riducendo drasticamente le perdite per cannibalismo.

LO SVEZZAMENTO

Durante i primi tempi, i giovani gamberi, non più lunghi di mezzo centimetro, denotano una spiccata attività, anche diurna. Sono costantemente alla ricerca di cibo, facilmente reperibile tra la vegetazione: dai numerosi micro e macro invertebrati presenti nelle sue immediate vicinanze (principalmente *Gammaridi* e larve di *Plecotteri* ed *Efemeroteri*), alle piccole lumache immesse che, altamente prolifiche, assicurano la costante presenza di una numerosa e minuscola progenie particolarmente appetita. In ogni caso, soprattutto nella prima fase della loro vita, ovvero per almeno i primi dieci giorni dalla schiusa, l'alimento naturale dev'essere integrato quotidianamente con quello artificiale (in questo caso sfarinato e/o a microgranuli della stessa composizione di quello per i riproduttori), che va somministrato *ad libitum*. Nelle successive fasi - come avviene normalmente per gli avannotti dei salmonidi - la granulometria dei pellets sarà gradualmente aumentata in relazione all'accrescimento dei crostacei presenti nella vasca (Foto 16).

Quando una lunghezza di circa 2 cm (lunghezza totale, dalla punta del rostro a quella del telson, o coda) viene raggiunta dalla maggior parte delle larve, queste sono ormai pronte per essere “seminate”, cioè a dire liberate nell'ambiente naturale preventivamente identificato anche sulla base dell'affinità genetica del lotto con le eventuali popolazioni di gamberi nativi ivi residenti (Foto 17).

Inizia quindi l'ultima fase, quella della cattura e del successivo trasferimento ai siti naturali di rilascio. A questo punto si deve procedere con il prelievo, il conteggio, l'impacchet-

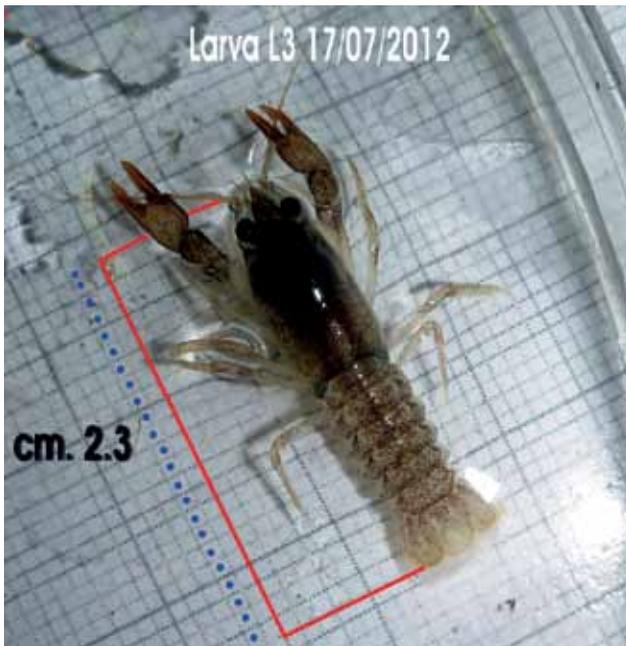


Foto 17 Rilevamento della lunghezza totale di una larva di *A. pallipes*.



Foto 18 Il "raccolto" di una vasca di allevamento con le larve che hanno raggiunto già la taglia idonea per l'immissione nel sito naturale.

tamento ed il trasporto verso i luoghi di rilascio. Ciò non avviene simultaneamente per tutte le vasche (si ricorda che non ci può essere una sincronizzazione degli accoppiamenti e di conseguenza della produzione di uova, delle nascite e, quindi, degli accrescimenti) e le operazioni vengono perciò cadenzate nel tempo.

Anche se i gamberi sono ormai formati e relativamente grandi, sono pur sempre organismi fragili e non vanno raccolti con

le mani. Un buon sistema di raccolta, che evita lo stress da manipolazione, consiste nell'abbassare gradualmente il livello dell'acqua all'interno della vasca dopo aver chiuso la saracinesca della mandata idrica. La griglia di fondo e tutte le strutture artificiali e naturali devono essere lasciate nelle proprie sedi, e non vanno spostate o rimosse. Quando la vasca è svuotata, la griglia di fondo viene tolta. Prima però, al di sotto del tubo di scarico va posizionato un contenitore abbastanza capiente, di colore bianco. A questo punto si fa scorrere, riaprendo leggermente la saracinesca principale, un po' d'acqua di carico fino a formare un leggero flusso costante lungo il centro della vasca. Gli animali inizieranno a muoversi dirigendosi verso il filo centrale dell'acqua e via via saranno trasportati allo scarico da dove cadranno nel sottostante contenitore. Contemporaneamente è possibile prelevare singolarmente i diversi ricoveri artificiali e svuotarne il contenuto in un altro recipiente precedentemente preparato. Una volta rimossi i vari nascondigli dalla vasca, con la scopetta in dotazione le ultime larve vengono aiutate a muoversi da monte a valle e a portarsi così nel contenitore di raccolta (Foto 18).

Ad operazione ultimata, si procede con la conta/stima del numero dei piccoli, secondo criteri normalmente utilizzati anche per gli avannotti di salmonidi. Se l'operatore riterrà che la taglia di tutti gli esemplari presenti nel raccogliatore sia pressoché identica (al pari delle piccole trote, infatti, anche in questo caso non potrà mai esserci una lunghezza uniforme ma solo in parte uguale, ed in parte leggermente superiore od inferiore a quella prefissata per il ripopolamento), verrà applicato un metodo ponderale, ovvero si procederà alla pesatura di un piccolo campione di larve preventivamente contate, rapportando poi questo dato al peso complessivo del prodotto ottenuto con una successiva pesatura per singoli lotti (si ricorda che questi animali, sono estremamente fragili e quindi non è possibile ammassarli completamente per rilevarne il peso totale). A conteggio terminato gli esemplari saranno delicatamente immessi in uno o più recipienti di adeguata misura già predisposti con vegetali acquatici parzialmente sgocciolati dall'acqua, avendo cura di disporli non in un unico gruppo, ma in modo che siano il più possibile separati tra loro. In tutti i casi dopo poco tempo tutte le larve si nasconderanno tra i vegetali trovandovi riparo. Una volta conclusa questa delicata operazione e chiuso con il coperchio forato il contenitore, si procederà nei tempi più brevi possibili al trasporto verso i siti naturali. La priorità sarà data in generale ai siti naturali classificati a maggior rischio di perdita di biodiversità e ponendo grande attenzione all'immissione di lotti di animali geneticamente compatibili con le popolazioni già presenti in quell'ambiente. Verranno anche favorite aree della fascia delle risorgive e ricadenti all'interno della Rete Natura 2000. Il rilascio dei piccoli potrà aver luogo già dalla metà di settembre di ogni anno.

METODICHE PER IL RIPOPOLAMENTO

L'allevamento dei gamberi di acqua dolce ai fini del ripopolamento, oltre a non sottrarre animali a siti naturali ancora produttivi, presenta il vantaggio di produrre gamberi facilmente controllabili sul piano sanitario, e quindi indenni da eventuali patologie trasmissibili (peste o thelohanzia, ad esempio), fatto questo non quantificabile né facilmente controllabile in popolazioni selvatiche. Nell'ambito del progetto Rarity, i soggetti destinati all'immissione in ambiente naturale saranno preventivamente certificati dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie, dovranno essere in condizioni fisiche ottimali, non stressati dal forzato prelievo dalle vasche, dallo stoccaggio o dal trasporto. Questo perché l'introduzione in un ambiente nuovo rappresenta già di per sé uno stress per l'animale. Secondo Vey (1981), il gambero stressato è particolarmente vulnerabile nei confronti degli agenti batterici o crittogamici normalmente non patogeni, ed ubiquitari nell'ambiente naturale, e la loro azione eventualmente congiunta può condurre a massicce mortalità. Per quanto riguarda l'età migliore per il ripopolamento, l'immissione di piccoli di 1 o 2 mesi, di 6-18 mesi, o di materiale adulto, sono i casi più comuni. Vigneux (1981) sconsiglia però un ripopolamento con gamberi di 1 o 2 mesi, in quanto il tasso di mortalità di tali soggetti entro l'anno è pari all'80% del prodotto immesso. Per *A. pallipes*, come del resto per altre specie native di gamberi, l'età, o per meglio dire la taglia dei soggetti, è quindi il fattore fondamentale per la riuscita delle azioni di ripopolamento. La taglia è infatti un fattore limitante specialmente in rapporto con i predatori potenzialmente presenti negli ambienti di rilascio (in particolare Salmonidi e larve di Ditischi o di Odonati). Si è poi visto che il tasso di mortalità dovuto alle aggressioni esterne accidentali tende a diminuire con l'aumentare della taglia e con la diminuzione della frequenza delle mute dell'animale.

La taglia di 2 cm (lunghezza totale, dalla punta del rostro a quella del telson, o coda) è quella comunemente indicata come ottimale per la liberazione, in quanto i soggetti di tale lunghezza (a prescindere dall'età) oltre ad aver diminuito la frequenza delle mute, sono ormai completamente autonomi, conducono una vita indipendente e quindi risultano idonei a popolare ambienti naturali. Ciò non vuol dire che non si possano fare dei ripopolamenti anche con gamberi di età o taglia superiore, tutto dipende dall'obiettivo che si vuole raggiungere e, soprattutto, dalla potenzialità e disponibilità di soggetti di diverse classi di età disponibili in avannotteria.

MODALITÀ E PERIODO DI TRASPORTO

I diversi sistemi di trasporto già descritti in precedenza valgono per gamberi di tutte le classi di età, ad eccezione dei più giovani, di taglia inferiore al centimetro, per i quali il metodo migliore rimane la sistemazione in contenitori riempiti parzialmente d'acqua e ossigeno.

La scelta della tipologia di recipiente per il viaggio (taniche con acqua o contenitori per trasporto a secco) viene comunque valutata in relazione al periodo (clima) e soprattutto alla distanza di destinazione e, quindi, al tempo necessario per raggiungerla. Il trasporto di gamberi destinati al ripopolamento avviene di norma in autunno, al di fuori della stagione più calda, e prima che abbia inizio quella invernale, e soprattutto in periodi non coincidenti o prossimi alla muta degli animali. Fatta eccezione per i gamberi trasportati in contenitori con acqua e ossigeno, le operazioni di semina seguiranno gli stessi criteri descritti parlando dell'immissione di riproduttori in impianto. Durante l'autunno infine, i gamberi sono ancora abbastanza mobili, possono cercare un sicuro riparo, ed hanno un ragionevole lasso di tempo per abituarsi all'ambiente di rilascio prima del sopraggiungere del freddo. È previsto che dopo la scadenza del progetto Rarity, nel 2014, per tutto il quinquennio successivo (noto col nome di "after life") l'Ente Tutela Pesca continui a produrre giovanili ai fini del ripopolamento. È auspicabile che contestualmente dia anche corso a controlli periodici dei tassi di sopravvivenza e degli indici di accrescimento dei soggetti liberati in natura.

BIBLIOGRAFIA

- De Luise, G., 1991. Diffusione, allevamento e ripopolamento in Friuli del gambero d'acqua dolce. Chiandetti Ed. (Reana del Rojale), 174 pp.
- Vey, A., 1981. Les maladies des écrevisses, leur reconnaissance et la surveillance sanitaire des population Astacicoles. Bulletin Français de Pisciculture n. 281: 223-236.
- Vigneux, E., 1981. Détermination rapide des écrevisses. Bull. Fr. Piscic., 53 (281): 185 - 210. Boves (Somme).
- Westman K., Sumario S., Pursianen M., 1978. Electric fishing in sampling crayfish. Freshwater Crayfish, IV, 251-256.

Per approfondimenti sugli argomenti trattati si possono anche consultare le seguenti pagine web:

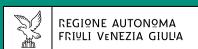
- <http://www.entetutelapesca.it/pagine/monografie.htm>
- <http://www.life-rarity.eu/pagine/download.htm>
- http://www.life-rarity.eu/documents/moduli_formativi/didattica/materiali_didattici/de_luise_02.pdf

Finito di stampare
nel mese di dicembre 2012



www.life-rarity.eu

Life 10 Nat/It/000239



RARITY TEAM

Coordinator

- Ente Tutela Pesca del Friuli Venezia Giulia

Project manager

- Massimo Zanetti

Partners

- CNR-ISMAR (National Research Council, Institute of Marine Sciences, Venice)
- UNITS (University of Trieste, Department of Life Sciences)
- UNIFI (University of Florence, Department of Evolutionary Biology)
- IZSve (Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie)

External assistance

- Starter S.r.l.

Supporter

- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

HANDBOOK IMPLEMENTATION

Editorial and design project

- Alvise Rampini and Chiara Gaetani

Editorial coordination

- Tiziano Scovacricchi and Paolo Cè

Text editing

- Tiziano Scovacricchi

Cover and break photos

- Paolo Cè

Printing

- Lithostampa, Pasian di Prato (Udine)

This handbook is an output of the RARITY project (LIFE 10 NAT/IT/000239) and has been published by the contribution of the LIFE+ financial instrument of the European Commission.