



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Monitoraggio del gambero nativo di fiume *Austropotamobius pallipes* complex nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi



Dicembre 2021

Elena Tricarico e Gianna Innocenti (Università di Firenze)

INTRODUZIONE

Il gambero nativo di fiume, *Austropotamobius pallipes* complex (Lereboullet, 1858) appartiene all'ordine dei Decapoda e alla superfamiglia degli Astacoidea. In Italia, il taxon *A. pallipes* appare attualmente costituito da due differenti linee evolutive (Fratini et al. 2005): *A. pallipes* presente solo nell'area nord-occidentale del paese, e *A. italicus* diviso in quattro sottospecie (*A. i. italicus*, *A. i. carsicus*, *A. i. carinthiacus* e *A. i. meridionalis*) nel resto della penisola. Per Favilli e Manganelli (2001), la specie peninsulare sarebbe *A. fulcisianus* anche se concordano nell'affermare che, a tutt'oggi, manca una formale revisione dei taxa nominali descritti per gli *Austropotamobius*, basata sullo studio di materiali tipici e topotipici. In attesa di una conferma definitiva, viene utilizzata la denominazione di *A. pallipes* complex. Questa specie generalmente vive in torrenti limpidi e ben ossigenati (6-12 mg/l), talvolta anche in corpi idrici con fondali fangosi e a corrente lenta, in acque stagnanti e ruscelli di collina o media montagna, se non inquinati e con argini ricchi di vegetazione. Predilige torrenti con radici e massi dove si rifugia; in casi sporadici può scavare tane sotto i massi (Scalici et al. 2020). Ha una spiccata attività notturna, mentre trascorre il giorno dentro i rifugi o le tane. Durante l'inverno, con le temperature che si abbassano, è inattiva. È una specie onnivora e la sua alimentazione comprende detrito vegetale, macroinvertebrati, come larve di insetti, altri crostacei, molluschi, lombrichi, e talvolta anche girini, piccoli pesci e resti di animali morti (Scalici et al. 2020). È considerata una specie chiave all'interno dell'ecosistema e una indicatrice di buona qualità ambientale, considerate le sue esigenze ecologiche (Scalici et al. 2020). Il gambero di fiume raggiunge la maturità sessuale intorno ai tre anni ed ha una vita media di circa 10-12 anni. Si accoppia in autunno quando le temperature si aggirano intorno ai 10°C (Woodloock e Reynolds 1988). Le femmine possono deporre tra le 40 e le 150 uova che portano sotto l'addome per tutto l'inverno. Le uova si schiudono poi in primavera. I piccoli hanno sviluppo diretto e rimangono attaccati ai pleopodi materni fino alla prima muta; alla seconda muta si formano completamente tutte le appendici e potranno condurre vita autonoma (Scalici et al. 2020). *Austropotamobius pallipes* complex è la specie di gambero d'acqua dolce a più ampia distribuzione in Italia (Scalici et al. 2020): è presente in numerose regioni, ma con distribuzione discontinua e in progressiva diminuzione. È, infatti, anche una delle specie di gamberi nativi più minacciate in Europa (Chucholl 2016).

La specie era già minacciata alla fine dell'800, come riportato in una relazione alla Commissione Consultiva della Pesca dal Prof. Decio Vinciguerra nel 1899. Secondo questa relazione la distribuzione del gambero nativo appariva notevolmente ridotta rispetto al trentennio precedente. Il motivo era da attribuirsi alla peste del gambero, il cui agente eziologico è noto essere il fungo *Aphanomices astaci* (Schikora, 1906). Questo fungo è letale per il gambero nativo di fiume, ma non per i gamberi americani,

come per esempio il gambero rosso della Louisiana *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), che ne sono portatori sani. Oltre alla peste, a causa anche del consumo alimentare che si faceva di *A. pallipes* complex in alcune province italiane e l'esportazione in vari mercati ittici, Vinciguerra propose una rigida regolamentazione della pesca della specie, con estensione del divieto di pesca durante il periodo riproduttivo e con una taglia minima del pescato. La pesca eccessiva e oggi il bracconaggio hanno contribuito al declino della specie nel tempo. Inoltre, prediligendo acque che non superano i 24°C, *A. pallipes* complex risente fortemente del surriscaldamento globale e dei cambiamenti climatici in atto (Otero et al. 2011). L'aumento delle temperature può sia portare ad alterazioni di crescita e riproduzione e minor sopravvivenza della specie (Reynolds 2002), sia rendere gli ambienti più adatti alla colonizzazione di specie aliene a discapito di quelle native (Gherardi et al. 2013). Altre minacce importanti sono l'inquinamento, la modifica e la frammentazione dell'habitat, il disseccamento dei torrenti, il ripopolamento ittico a salmonidi e l'introduzione di specie aliene invasive (non solo di crostacei, ma anche di pesci). A causa del declino della specie per le cause sopra riportate, *A. pallipes* complex è inserito nella "Red List" della I.U.C.N. come specie "endangered" (Füreder et al. 2010), e nell'Allegato II della Direttiva Habitat 92/43/CEE. Molte regioni italiane, tra cui la Toscana, hanno legiferato per la protezione di questa specie (Scalici et al. 2020). In Toscana, in particolare sono in vigore la L.R. 56/2000 (Norme per la conservazione e la tutela degli habitat naturali, seminaturali, della flora e della fauna selvatiche) e la L.R. 7/2005 (Gestione delle risorse ittiche e regolamentazione della pesca nelle acque interne), dove il gambero nativo è elencato come specie animale di interesse regionale, la cui conservazione può richiedere la designazione di siti di interesse regionale e la cui pesca è vietata. Nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna una volta il gambero di fiume era abbastanza diffuso, ma il bracconaggio, la siccità e la presenza di specie aliene invasive ne stanno causando il rapido declino (Mazza et al. 2011, 2017; Tricarico et al. 2021). In particolare, l'espansione del procione *Procyon lotor* nelle zone del Parco dal 2013 (Boscherini et al. 2019) e la presenza del gambero rosso della Louisiana *P. clarkii* alle porte del Parco, nel laghetto di Romena dal 2015, costituiscono ulteriori minacce per la specie: come già rilevato nei campionamenti del 2019-2020 condotti nelle riserve del Parco (Boncompagni et al. 2021; Tricarico et al. 2021), il procione, infatti, preda attivamente i gamberi medio-grandi, riducendone le popolazioni. Inoltre, il gambero rosso è portatore della peste del gambero causata dal fungo *Aphanomyces astaci*, letale per *A. pallipes*, le cui spore possono essere trasportate da pesci, uccelli e da attrezzatura da pesca/stivali/retini non attentamente disinfettati. Episodi di peste del gambero sono stati già riportati nel Parco (Tobia Pretto, pers. comm.).

MATERIALI E METODI

Da luglio a settembre 2021, sono state monitorate 15 stazioni, 10 nel versante toscano già investigate tra il 2014 e il 2016, 5 nel versante romagnolo, di cui 2 [redacted] campionate nel 2020 (e precedentemente nel 2013), una [redacted] nel 2013 e due nuove [redacted] [redacted] (Tabella 1). Queste stazioni si trovano all'interno dei bacini dei torrenti [redacted]. I siti monitorati presentavano tutti acque poco profonde (80 cm al massimo, con qualche pozza di 1 m), fondo prevalentemente coperto da massi e ciottoli, corrente moderata, temperatura dell'acqua tra i 14 e 18°C (Tabella 2).

SITI	DATA (studio precedente)	DATA (studio attuale)	CORPO IDRICO
[redacted]	31/08/2015	02/07/2021	[redacted]
[redacted]	29/08/2014	02/07/2021	[redacted]
[redacted]	09/08/2016	02/08/2021	[redacted]
[redacted]	09/08/2016	09/07/2021	[redacted]
[redacted]	01/09/2016	09/07/2021	[redacted]
[redacted]	26/08/2016	28/07/2021	[redacted]
[redacted]	26/08/2016	02/08/2021	[redacted]
[redacted]	01/09/2016	28/07/2021	[redacted]
[redacted]	01/09/2016	28/07/2021	[redacted]
[redacted]	19/08/2016	09/07/2021	[redacted]
[redacted]	21/08/2020	25/08/2021	[redacted]
[redacted]	21/08/2020	25/08/2021	[redacted]
[redacted]	06/09/2013	25/08/2021	[redacted]
[redacted]	-	25/08/2021	[redacted]
[redacted]	-	24/09/2021	[redacted]

Tabella 1. Siti dove sono stati effettuati i campionamenti con le date relative allo studio attuale e precedente e il corpo idrico di appartenenza per ogni sito.

Sito	Altitudine (m s.l.m.)	Ampiezza (m)	Profondità max (cm)	Temperatura (°C)
[redacted]	550	5	50	16
[redacted]	525	1.5	20	17
[redacted]	485	3	70	18
[redacted]	735	5	30	15
[redacted]	835	2	30	17
[redacted]	495	2	70	16

██████████	760	3	40	14
██████████	540	4	70	14
██████████	720	1.5	50	16
██████████	770	2	30	15
██████████	700	1.5	70	16
██████████	700	2	50	16
██████████	615	5	60	16
██████████	615	4.5	70	16
██████████	620	2	80	17

Tabella 2. Altitudine (m s.l.m.), l'ampiezza del letto (m), la profondità massima dell'acqua (cm) e la temperatura dell'acqua (°C) per i siti campionati nel 2021.

Gli individui sono stati catturati a mano. Per ogni stazione, quindi, seguendo in parte le disposizioni ISPRA (Scalici et al. 2020), è stato identificato un transetto lungo 100 metri da percorrere contro corrente da almeno due operatori. Sono stati necessari da 60 a 90 minuti circa per completare ogni transetto. Durante la risalita, i rilevatori hanno cercato gli individui sotto i massi, tra le radici (Figura 1) e smuovendo il detrito, dove spesso trovano rifugio i gamberi. Poiché *A. pallipes* complex è attivo dal crepuscolo, i rilevamenti sono stati effettuati solo nelle ore notturne.



Figura 1. Rifugi ispezionati per la possibile presenza del gambero (@G. Mazza).

Per facilitare l'individuazione e la cattura degli individui, sono state utilizzate torce. Ogni gambero avvistato durante i rilevamenti è stato catturato, misurato, sessato e in seguito rilasciato nello stesso luogo in cui è avvenuta la sua cattura. La misurazione è stata effettuata con il calibro (precisione di 0.1

mm), considerando la lunghezza del cefalotorace (CL: compresa tra l'estremità del cefalotorace e la punta del rostro; Figura 2).



Figura 2. Misurazione del cefalotorace di *A. pallipes* complex con calibro (@R. Stefani).

In ogni campionamento, nell'apposita scheda di monitoraggio, sono stati riportati il numero totale di gamberi osservati nella stazione, il sesso, il CL, eventuali mutilazioni per le chele, lo stato riproduttivo (nel gambero le femmine, pronte per l'accoppiamento, presentano la parte ventrale dell'addome con *glair glands* sviluppate, cioè particolarmente bianche, vedi Figura 3), la presenza di uova o piccoli o di mute, e individui in muta. I gamberi con CL inferiore a 25 mm sono stati considerati giovani, mentre gli esemplari con CL maggiori o uguali a 25 mm adulti (Pratten 1980). In alcuni casi, sono stati trovati individui molto giovani (CL sotto i 10 mm) per i quali non è stato possibile identificarne il sesso. Infine, è stata riportata la presenza di eventuali malattie e/o parassiti. In particolare, il gambero di fiume spesso può essere infestato dall'ectoparassita *Branchiobdella italica*, un anellide molto diffuso sui gamberi presenti nel Parco (Gherardi et al. 2002) (Figura 4).



Figura 3. Parte ventrale di una femmina con le *glair glands* (in bianco) sviluppate (@Picuki).



Figura 4. *Branchiobdella italica* su chele e cefalotorace di un gambero di fiume (@E. Tricarico).

Infine, per ogni sito, si è cercato anche eventuali segni di presenza del procione (le impronte, la presenza di eventuali resti di predazione sul gambero, in genere di dimensioni medio-grandi, da parte del procione) (Figure 5, 6).



Figura 5. Esempio di impronte di procione ritrovate durante un monitoraggio nelle riserve del Parco nel 2020 (Tricarico et al. 2021).

Il consumo degli adulti da parte del procione riguarda soprattutto l'addome e parte del torace, con la "testa" e le chele lasciate intatte lungo le rive o nel letto del torrente (Boscherini et al. 2020; Boncompagni et al. 2021). Gli altri mammiferi presenti del Parco non attuano questo tipo di predazione.



Figura 6. Gamberi predati dal procione durante un monitoraggio nelle riserve del Parco nel 2019 (Boncompagni et al. 2021).

Dato i numeri molto bassi dei gamberi campionati nel versante toscano, è stato possibile eseguire l'analisi statistica solo per le popolazioni del torrente Oia nel versante toscano e i cinque corsi d'acqua del versante romagnolo. Il test del chi quadrato (χ^2) è stato utilizzato per confrontare la frequenza di maschi e femmine (sex ratio: M/F) e di gamberi grandi e piccoli. Le misure di CL di maschi e femmine sono state confrontate con il test non parametrico di Mann Whitney a due campioni indipendenti (U). Il confronto tra i gamberi campionati negli anni passati e quelli nel 2021 è stato effettuato con il test non parametrico di Wilcoxon a due campioni non indipendenti (z). Il livello di significatività per il quale l'ipotesi nulla è stata rifiutata è $\alpha = 0.05$.

RISULTATI

In generale, il numero di gamberi campionati nel 2021 è risultato essere inferiore a quello dei gamberi campionati negli anni precedenti ($z=-2.09$, $n=13,13$, $p=0.04$). In 3 dei 10 siti campionati nel versante toscano non sono stati trovati gamberi, mentre nei restanti 7 si è notata una consistente riduzione di popolazione; nel versante romagnolo, invece, la situazione è differente, con popolazioni più consistenti, anche se con numeri inferiori rispetto al passato (Tabella 3). La sex-ratio è risultata essere generalmente bilanciata (██████████ $\chi^2= 0.4$, $p>0.05$; ██████████ $\chi^2= 0.05$, $p>0.05$; ██████████ $\chi^2= 0.15$, $p>0.05$; ██████████: $\chi^2= 0$, $p>0.05$; ██████████ $\chi^2= 0.30$, $p>0.05$), ad eccezione di ██████████, dove le femmine erano più numerose ($\chi^2= 6.38$, $p=0.01$). Gli individui campionati presentavano una distribuzione simile tra grandi e piccoli (██████████ $\chi^2= 3.3$, $p>0.05$; ██████████ $\chi^2= 0$, $p>0.05$; ██████████ $\chi^2= 0.66$, $p>0.05$; ██████████ $\chi^2= 1.59$, $p>0.05$), ma non a ██████████ dove gli individui piccoli e giovani erano la maggioranza ($\chi^2= 7.95$, $p=0.005$) e a ██████████ dove sono stati trovati più individui di taglia grande ($\chi^2= 16.64$, $p<0.0001$). La taglia era simile tra sessi (██████████ $U=13$, $p=0.17$; ██████████ $U=570.5$, $p=0.30$; ██████████ $U=81$, $P=0.45$; ██████████ $U=335.5$, $p=0.50$; ██████████ $U=296.5$, $p=0.36$; ██████████ $U=1071.5$, $p=0.12$).

Sito	Gamberi (studi precedenti)	Gamberi (2021)							
		Totale	M	F	J	Grandi	Piccoli	Taglia (mm) M	Taglia (mm) F
██████████	84	12	6	5	1	5M; 4F	1M; 1F	28.4 (23.0-39.5)	30.9 (22.7-36.5)
██████████	8	0	0	0	0	0	0	0	0
██████████	28	2	1	1	0	1F	1M	23.8	29.6
██████████	3	1	1	0	0	1M	0	40.0	0
██████████	86	2	1	1	0	1M; 1F	0	35.7	32.2
██████████	36	3	1	2	0	1F	1M, 1F	15.5	18.8; 30.0
██████████	21	0	0	0	0	0	0	0	0
██████████	78	3	2	1	0	0	2M, 1F	17.0; 17.3	24.4

	39	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	2	0	2	0	1F	1F	0	21.0; 32.4
	199/11	83	38	35	10	18M; 12F	20M; 23F	25.6 (11.3-54.1)	19.3 (11.3-44)
	191/4	27	12	14	1	5M; 8F	7M; 6F	25.3 (16.1-35)	26.3 (16.4-35.1)
	125	57	27	28	2	10M; 15F	17M; 13F	24 (17.2-48.4)	28 (15-40.6)
	-	56	29	24	3	19M;18F	10M; 6F	29.8 (14.7-45)	31.7 (17.5-43.2)
	-	107	39	67	1	28M;46 F	11M; 21F	30 (13-46)	28.4 (11-42)

Tabella 3. Totale dei gamberi campionati nei diversi siti durante i monitoraggi precedenti e durante quello del 2021. Per [redacted] sono riportati i numeri dei gamberi campionati nel 2013 e nel 2020. Per i gamberi campionati durante il 2021, oltre al totale, è stato specificato il numero di maschi (M), di femmine (F), di giovanili (J) il cui sesso non era riconoscibile e il numero di individui appartenenti alla categoria grandi (CL \geq 25 mm) o piccoli (CL <25 mm). Per lo studio del 2021 sono riportate anche le taglie in millimetri (mm) di individui maschi (M) e femmine (F), indicando la mediana e la misura minima e massima tra parentesi laddove siano stati trovati più di due gamberi dello stesso sesso.

Sito	Mute	Resti	Uova/ Piccoli	Parassiti	Note
[redacted]	2M (46.7; 50.0 mm)	No	Piccoli 2F	5M; 1F	2 piccoli avvistati
[redacted]	No	No	No	No	-
[redacted]	No	No	No	1F	1 piccolo avvistato
[redacted]	No	No	No	No	1M: in muta
[redacted]	1M (36.5 mm)	No	No	1M; 1F (1M su muta)	1F: ruggine e chela rotta
[redacted]	1F	No	No	No	-
[redacted]	No	Sì (dito di una chela)	No	No	-
[redacted]	1M	No	No	No	F: senza chela sx
[redacted]	No	Sì (5 individui)	No	No	-
[redacted]	1M (34.9 mm)	No	No	(su muta)	-
[redacted]	No	No	No	34M; 33F	1/0 chele: 2M; 4F
[redacted]	No	Sì	No	5M; 8F	1 chela: 2M; 1F
[redacted]	No	No	No	No	1/0 chele: 2M; 3F
[redacted]	1 (23 mm)	No	No	1J; 1M; 1F	1 chela: 2M
[redacted]	No	No	No	5M; 7F	1/0 chele: 8 F; 2M

Tabella 4. Per ciascun sito sono riportate le presenze di mute, resti, uova/piccoli o parassiti sugli individui campionati. Per le mute è indicato se appartenenti a maschi (M) o femmine (F) e le relative dimensioni del CL in millimetri (mm). Per le uova o i piccoli è stato indicato il numero di femmine (F)

sulle quali erano presenti. Per i parassiti (*Branchiobdella italica*) è stato indicato il numero di maschi (M), femmine (F) e giovanili (J) sui quali sono stati ritrovati o se erano presenti sulle mute. Infine, per ogni sito sono state aggiunte delle note relative sia al numero di avvistamenti di eventuali individui che non è stato possibile campionare, sia allo stato di salute, danneggiamento o ciclo vitale di particolari individui campionati.

Dei 31 individui campionati in totale nel versante toscano (25 vivi e 6 mute), 9 individui vivi e 2 esuvie presentavano *B. italica* in forma adulta, non particolarmente abbondante (Tabella 4). Un individuo presentava segni della cosiddetta ruggine dei gamberi, una micosi provocata da *Fusarium*, che determina lesioni alle branchie e ai muscoli, e porta a una mortalità abbastanza modesta, spesso dovuta a infezioni batteriche secondarie. All'esterno i punti di infezione si presentano come macchie nere-rossastre (da qui il nome) che possono degenerare fino a vere e proprie lacerazioni. Solo due femmine sono state trovate con ancora i piccoli attaccati.

Diversa è stata la situazione rilevata nel versante romagnolo. A [REDACTED] sono stati trovati molti individui piccoli e tanti giovani, solo 5 femmine mature, 2 maschi e una femmina adulti appena mutati. [REDACTED] un maschio e una femmina grandi presentavano segni della ruggine, e quattro individui adulti tutti maschi erano appena mutati o in muta. Alla [REDACTED] tre femmine e un maschio adulti avevano i segni della ruggine, e due maschi adulti erano mutati da poco. Al [REDACTED] nessun gambero aveva i parassiti, solo un maschio adulto presentava segni di ruggine e due femmine erano mature.

Infine, a [REDACTED] sono stati campionati 25 femmine mature su 67, 6 gamberi con la ruggine (3 maschi, 3 femmine) e 21 gamberi blu (Figura 7), 15 femmine (13 grandi, 2 piccole) e 6 maschi (5 grandi, 1 piccolo), che non presentavano parassiti e dal carapace molto liscio.



Figura 7. Esemplari blu rinvenuti a [REDACTED]

CONCLUSIONI

Dal confronto con il monitoraggio effettuato negli anni precedenti, i campionamenti condotti nel 2021 hanno messo in evidenza una drastica diminuzione delle popolazioni di *A. pallipes* complex nel versante toscano del Parco.

Numerose cause possono aver determinato questa situazione, anche se alcune potrebbero non essere più visibili, essendo già passati alcuni anni (5-8 a seconda del sito) dal precedente monitoraggio. Non sono state ritrovate, per esempio, tracce di *P. lotor* durante i rilevamenti, ma è noto che questo mammifero è presente fin dal 2013 e con areale in espansione nel Parco. Non si può quindi escludere del tutto che la riduzione osservata di alcune popolazioni sia dovuta anche alla predazione da parte di questa specie invasiva. In uno studio condotto nel 2020 nelle riserve del Parco delle Foreste Casentinesi è stata osservata una riduzione o una completa estinzione delle popolazioni nelle zone dove il procione è presente (Tricarico et al. 2021). Alcuni siti campionati nel 2021 sono vicini o ricadono nell'area di invasione del procione [REDACTED] che, quindi, potrebbe aver notevolmente ridotto la presenza del gambero già da qualche anno. Una prova a supporto dell'azione del procione è il ritrovamento di pochi individui di taglia medio-piccola: il procione, infatti, preda soprattutto gli individui più grandi (Boncompagni et al. 2021). Inoltre, nei siti di [REDACTED] e [REDACTED] pur non trovando nessun individuo, sono stati ritrovati dei resti: è possibile supporre che in questi siti ancora oggi siano presenti delle popolazioni di *A. pallipes* complex, ma a densità molto

basse. Anche se in alcuni di questi siti, come [REDACTED], i torrenti scorrono su arenarie, che apportano nell'acqua una minore quantità di calcio, fattore limitante per il gambero (Scalici et al. 2020), una diminuzione o scomparsa così drastica della specie è da imputare ad altre cause.

Anche eventuali episodi di peste del gambero potrebbero aver interessato le popolazioni di *A. pallipes* complex in passato e non essere più evidenti oggi. Come per il procione, è noto, infatti, che in altre zone del Parco ci sono stati episodi di moria del gambero di fiume dovuti alla peste portata da *P. clarkii*, la cui presenza è stata segnalata già nel 2015. Solitamente, la peste determina la scomparsa totale di una popolazione e, se il campionamento non viene effettuato durante o subito dopo l'episodio di moria, non è possibile trovarne tracce molti anni dopo.

Per quanto riguarda, invece, i segni delle attività antropiche, questi sono ancora evidenti in alcuni siti e continuano ad essere una delle cause del calo demografico del gambero. Sono state ritrovate captazioni in molti dei siti monitorati. Inoltre, in alcune stazioni, come [REDACTED] l'acqua risultava essere maleodorante ed era presente una patina sul fondo del torrente, probabilmente a causa di scarichi delle abitazioni della zona che raggiungono il corso d'acqua. Tale problematica era già stata segnalata durante i campionamenti del precedente studio ed è possibile che non sia stata risolta. Infatti, già nel 2014 i gamberi ritrovati a [REDACTED] sono stati solo otto. Una situazione simile è presente per il sito di [REDACTED]

Un'altra attività dell'uomo che compromette la sopravvivenza del gambero è sicuramente la pesca a scopo alimentare, resa illegale dallo status di protezione della specie e dalla L.R. 7/2005. Nonostante ciò, tale pratica è ancora presente in alcune zone, probabilmente anche nel [REDACTED] (G. Mazza, comunicazione personale), dove la popolazione è crollata da 84 a 12 individui, ed attualmente risulta composta soprattutto da individui di medie o piccole dimensioni (i grandi sono solitamente oggetto del prelievo umano). È interessante notare come [REDACTED] siano state trovate due femmine medio-piccole con i piccoli: è possibile che le femmine entrino in età riproduttiva in anticipo rispetto a quello che sarebbe il normale ciclo di vita di questa specie, a causa della scomparsa/riduzione degli individui più grandi riproduttivi. Da segnalare, inoltre, [REDACTED] la presenza di una diga, che potrebbe aver frammentato la popolazione nel tempo e favorito ulteriormente la riduzione.

Infine, non si può escludere che la riduzione delle popolazioni sia dovuta anche all'aumento di temperatura e a una diminuzione delle precipitazioni dovuti ai cambiamenti climatici in atto che hanno causato un minor apporto idrico dei torrenti anche in Casentino, in particolar modo quest'anno (A. Zoccola, comunicazione personale).

Diversa è la situazione del versante romagnolo, dove i campionamenti hanno mostrato popolazioni in buona salute nella [REDACTED] nei due transetti vicino [REDACTED] e sembrano evidenziare una ripresa delle popolazioni a [REDACTED] vicino alla zona della

rispetto al 2020, anche se con numeri ben lontani dal 2013 (191 e 199 rispettivamente). Tuttavia, zona è stato trovato un individuo predato da procione e i transetti di presentano una popolazione costituita da una maggioranza di individui piccoli non riproduttivi rispetto ai transetti vicino all'invaso 64% e 52% vs 39% e 34%). Il procione ha, infatti, predato gli individui medio-grandi delle popolazioni di questi due transetti vicino alla , ovvero individui riproduttivi, andando a influenzare la composizione e il tasso di riproduzione di queste popolazioni: è bene ricordare che il gambero si riproduce a partire dal 3°-4° anno di età, solo una volta l'anno e raramente con una produzione di 100-150 uova a volta. Sarà interessante valutare se la tendenza alla ripresa osservata a proseguirà il prossimo anno, considerando il recente fototrappolaggio di un nuovo individuo di procione in zona (), e se cominceranno a riprodursi anche le femmine di taglia più piccola, come osservato quando le femmine grandi riproduttive sono poche.

Per quanto riguarda la struttura di popolazione, in generale, la sex-ratio si presenta bilanciata, come già riportato in studi precedenti svolti nel Parco (Cenni 2001; Mazza et al. 2011, 2017; Tricarico et al. 2021; S. Piazzini, comunicazione personale). È da segnalare che già nei campionamenti precedenti in molte stazioni del versante toscano gli individui trovati avevano una taglia sbilanciata verso le dimensioni medie (S. Piazzini, comunicazione personale), a indicare che la riduzione degli individui più grandi era già in atto. Si conferma la presenza dell'ectoparassita *B. italica* nelle popolazioni di gamberi del Parco, anche se i livelli di infestazione non sono elevati ed è interessante notare la quasi totale assenza di parassiti nei due transetti e dovuta alla presenza di sorgenti solforose che si trovano anche dentro i fossi, in particolare . Infine, i segni di mutilazione rilevati sono stati molto pochi, a testimonianza di una scarsa aggressività intraspecifica, probabilmente dovuta alle basse densità di popolazione.

Sarà interessante approfondire la popolazione e investigare meglio le caratteristiche dei gamberi blu. Solitamente i gamberi di colore blu non sono in grado di produrre astaxantina per una modifica genetica, e nel loro tegumento prevale la presenza di emocianina, una metalloproteina che si trova nell'emolinfa, responsabile del trasporto dell'ossigeno ai tessuti. L'emocianina contiene atomi di rame legati a gruppi prostetici coordinati da residui di istidina e la sua ossigenazione provoca un cambiamento di colore passando dalla forma deossigenata Cu(I), non colorata, alla forma ossigenata Cu(II) colorata di blu.

SUGGERIMENTI GESTIONALI

Considerando la drastica riduzione di *A. pallipes* complex, sarebbe auspicabile intraprendere una serie di azioni gestionali, riportate di seguito:

- maggiori controlli sulle specie aliene invasive, volti a limitarne l'espansione o ad evitare nuove introduzioni che possano ulteriormente danneggiare lo stato di conservazione del gambero di fiume o di altre specie native;
- ulteriori controlli e sanzioni per la pesca, già illegale, di *A. pallipes* complex;
- rimozione delle captazioni per evitare che l'apporto idrico dei torrenti diminuisca ancora più velocemente di quanto già non avvenga a causa dell'aumento delle temperature;
- chiusura degli scarichi diretti delle abitazioni sui torrenti che abbassano la qualità delle acque e non le rendono compatibili con la presenza del gambero nativo di fiume.

Infine, si suggerisce di organizzare attività di divulgazione e informazione per sensibilizzare la popolazione sulla situazione attuale del gambero nativo e promuovere l'adozione di buone pratiche (come la pulitura di stivali e altra attrezzatura) per evitare la diffusione involontaria della peste del gambero.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Reparto Carabinieri Biodiversità di Pratovecchio per l'accesso e il supporto nella riserva della Lama. Si ringraziano, inoltre, Alessia Breccia, Gabriele Cananzi, Nicola Fortini, Tianshi Li, Marco Morbidelli, Alberto Ninci, Riccardo Stefani, Irene Tatini e Leone Ugolini per l'aiuto prestato durante i campionamenti.

BIBLIOGRAFIA

Aquiloni L., Tricarico E., Gherardi F. (2010). Crayfish in Italy: distribution, threats and management. *International Aquatic Research* 2: 1-14.

Boncompagni L., Ciampelli P., Fazzi P., Lucchesi M., Mazza G., Molfini M., Mori E., Petralia L. (2021). No country for native crayfish: importance of crustaceans in the diet of native and alien Northern raccoons. *Ethology Ecology and Evolution* 33: 576-590.

Boscherini A., Laurenzi A., Mazza G., Menchetti M., Mori E. (2020). Time is running out! Rapid range expansion of the invasive northern raccoon in central Italy. *Mammalia* 84: 98-101. doi: 10.1515/mammalia-2018-0151

Bottacci A. (2009). *La Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino: 1959-2009. 50 anni di conservazione della biodiversità*. Pratovecchio (Arezzo, Italy): CFS/UTB Pratovecchio Editions. Italian.

- Cenni F. (2001). *Austropotamobius pallipes* nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna: struttura di popolazione e tasso di infestazione da Branchiobdellidi. Ph.D. thesis. Florence: Università degli Studi di Firenze.
- Chucholl C. (2016). The bad and the super-bad: prioritising the threat of six invasive alien to three imperilled native crayfishes. *Biological Invasions* 18: 1967-1988. doi: 10.1007/s10530-016-1141-2
- Favilli L., Manganelli G. (2001). Il gambero di fiume italiano (*Austropotamobius fulcisanus*) (Crustacea, Decapoda, Astacidae) nel bacino del Farma-Merse (Toscana meridionale). *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie B*, 108(2002): 43-49.
- 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: 1088-118.
- Füreder L., Gherardi F., Holdich D. M., Reynolds J. D., Sibley P., Souty-Grosset C. (2010). *Austropotamobius pallipes*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3.
- Gherardi F., Cenni F., Crudele G., Mori M. (2002). Infestation rate of branchiobdellids in *Austropotamobius pallipes italicus* from a stream of Central Italy: preliminary results. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 367(367): 785-792. doi:10.1051/kmae:2002066
- Gherardi F., Aquiloni L., Coignet A., Souty-Grosset C., Spigoli D. (2013). Climate warming and the agonistic behaviour of invasive crayfishes in Europe. *Freshwater Biology* 58: 1958-1967.
- Ghia D., Fea G., Fracassi G., Marrone M., Lanciani G., Pagliani T., Piccoli F. (2014). Action Plan per la conservazione di *Austropotamobius pallipes* in Italia. 9.
- Mazza G., Agostini N., Aquiloni L., Carano G., Gherardi F., Inghilesi A.F., Tricarico E. (2011). The indigenous crayfish *Austropotamobius pallipes* complex in a national park of central Italy. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 401: 12.
- Mazza G., Cianferoni F., Inghilesi A.F., Innocenti G., Stasolla G., Tricarico E., Zoccola A. (2017). Native crab and crayfish cooccurrence: first evidence in Europe. *Biologia* 72: 790-795. doi:10.1515/biolog-2017-0086
- Otero I., Badia A., Boada M., Gracia C. A., Peñuelas J., Pla E., Sabaté S., Vayreda J. (2011). Loss of water availability and stream biodiversity under land abandonment and climate change in a Mediterranean catchment (Olzinelles, NE Spain). *Land Use Policy* 28: 207-218.
- Petralia L., Belacchi S., Lucchesi M., Molfini M., Ruocco M. (2019). Segnalazioni faunistiche, 182 – *Procyon lotor* Linnaeus, 1758 (Mammalia: Carnivora: Procyonidae). *Quaderni Studi Naturalistici della Romagna* 50: 203-205.
- Petralia L., Lucchesi M., Zoccola A. (2019). Segnalazioni faunistiche, 181 – *Potamon fluviatile fluviatile* Herbst, 1785 (Crustacea: Decapoda: Potamidae). *Quaderni Studi Naturalistici della Romagna* 50: 202-203.

- Pratten DJ. (1980). Growth in the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Crustacea: Astacidae). *Freshwater Biology* 10: 401-402.
- Ragni B., Grelli D., Vercillo F. (2015). Studio su carnivori di interesse conservazionistico e gestionale nell'area del Parco. Pratovecchio (Arezzo, Italy): Ente Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi. Italian.
- Reynolds J.D. (2002). Growth and reproduction. In: *Biology of freshwater crayfish*, ed. DM Holdich, pp. 152-91. Oxford UK: Blackwell Science.
- Salgado I. (2018). Is the raccoon (*Procyon lotor*) out of control in Europe? *Biodiversity Conservation* 27: 2243-2256. doi:10.1007/s10531-018-1535-9.
- Scalici M., Aquiloni L., Carticato G., Chiesa S., Ciutti F., Dörr A. J. M., Elia C., Fea G., Ghia D., Inghilesi A., Innocenti G., Mazza G., Prearo M., Tricarico E. (2020). Linee guida per la conoscenza e il corretto monitoraggio dei decapodi dulcicoli in Italia. AIIAD.
- Souty-Grosset C., Anastácio P., Aquiloni L., Banha F., Choquer J., Chucoll C., Tricarico E., (2016). The red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in Europe: Impacts on aquatic ecosystems and human well-being. *Limnologia* 58: 78-93.
- Tricarico E., Brundu G., Caddeo A., Carnevali L., Carotenuto L., Cogoni A., Genovesi P., Inghilesi A.F., Iiriti G., Loi M.C., Marignani M., Monaco A. (2020). Le specie aliene invasive: cosa e come comunicare al grande pubblico. Guida tecnica per operatori didattici di orti botanici, zoo, musei scientifici, acquari e aree protette. Versione cartacea aggiornata con le ultime novità legislative. NEMO srl, pp. 94. ISBN: 978-88-943544-3-0
- Tricarico E., Ciampelli P., De Cicco L., Marsella S. A., Mazza G., Petralia L., Rossi B., Zoccola A. (2021). How raccoons could lead to the disappearance of native Crayfish in central Italy. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9: 681026. doi: 10.3389/fevo.2021.681026
- Vinciguerra D. (1899). I gamberi d'acqua dolce in Italia. *Annali di Agricoltura* 219:1- 25.
- Woodlock B., Reynolds J. D. (1988). Reproduction in an Irish lake population of the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). *Freshwater Biology* 19: 79-86.