

La fauna ittica dei corsi d'acqua appenninici in relazione alle variazioni del regime delle deposizioni umide[§]

Massimo Lorenzoni^{1*}, Raffaele Barocco¹, Antonella Carosi¹,
Giannetto Daniela¹, Laura Pompei¹

¹ Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale, Sezione di Biologia Animale ed Ecologia, Università di Perugia - 06100 Perugia.

* Referente per la corrispondenza: [lorenzoni@unipg.it](mailto:lorenzon@unipg.it)

Pervenuto l'8.2.2014; accettato il 19.3.2014

Riassunto

Alcune ricerche indicano come i cambiamenti climatici possano rappresentare nei prossimi anni la principale minaccia per la biodiversità anche negli ecosistemi lotici. I corsi d'acqua appenninici risultano particolarmente importanti per la conservazione della biodiversità ittica in Italia e questo a causa della presenza di un numero molto elevato di specie endemiche che si caratterizzano anche per possedere areali particolarmente ristretti e frammentati. L'importanza che dal punto di vista della conservazione rivestono i corsi d'acqua appenninici può essere desunta dalle specie che rientrano nelle categorie a maggior rischio di estinzione per la Lista Rossa dei vertebrati italiani che raggiungono la percentuale del 54% in Umbria e del 51% nelle Marche. Le implicazioni biologiche dei cambiamenti climatici, oltre a modifiche di tipo fisiologico, includono lo spostamento verso monte dell'habitat termico per molte specie e la riduzione dell'habitat fisico causato dalla diminuzione estiva delle portate: è presumibile che i cambiamenti climatici aggravino le restrizioni ambientali soprattutto nelle specie che vivono ai limiti del proprio areale, nelle popolazioni frammentate e circoscritte a limitati rifugi. La presenza di altri fattori di impatto antropico, quali prelievi idrici eccessivi, presenza di specie esotiche, degrado della qualità dell'acqua, frammentazione della continuità fluviale, può indurre ulteriori conseguenze negative sulla fauna ittica, che si sovrappongono ai cambiamenti climatici e che rendono gli esiti futuri particolarmente incerti.

PAROLE CHIAVE: Appennino / fauna ittica / introduzione di specie esotiche / deflusso minimo vitale

The fish fauna of the Apennine streams related to changes in the regime of wet depositions

Some researches state that climate changes could represent the main threat to biodiversity even in lotic ecosystems in the next years. Apennine streams are particularly important for conservation of fish biodiversity in Italy due to the presence of a very large number of endemic species having very limited and fragmented range of distribution. The importance of Apennine streams for the conservation purpose, can be deduced from the species included in the categories most at risk of extinction for the Italian Red List of Vertebrates reaching the rate of 54% in Umbria and 51% in the Marche. The biological implications of climate changes, as well as physiological modifications, include the moving upstream of heat-habitat for many species and the reduction of physical habitat caused by the reduction of summer water flow: presumably climate changes will worsen the environmental restrictions above all in species living on the edge of their range, in fragmented populations and restricted to limited shelters. Other factors of human impact, such as unsustainably water withdrawals, the presence of exotic species, worsening of water quality, fragmentation of river continuity can also induce negative effects on fish fauna, which overlap with climate change and making the future outcomes particularly uncertain.

KEY WORDS: Apennine / fish fauna / introduction of exotic species / Minimum Vital Flow

INTRODUZIONE

La capacità di prevedere gli scenari futuri sta assumendo un ruolo sempre più importante nel supportare lo sviluppo di strategie in grado di ridurre gli impatti del cambiamento climatico sulla biodiversità (Bellard *et al.*, 2012). Anche se non vi è evidenza di estinzioni già

causate dal riscaldamento globale, alcune ricerche indicano come tale fenomeno possa rappresentare nei prossimi anni la principale minaccia per le biocenosi acquatiche (Pereira *et al.*, 2010).

I cambiamenti climatici sono destinati a peggiorare

§ Insetto speciale *Stato attuale e tendenze evolutive negli ecosistemi di acque interne e di transizione in Italia*, a cura di Pierluigi Viaroli

le particolari condizioni (temperature elevate, instabilità idrologica, periodo secco particolarmente lungo, variabilità delle condizioni ecologiche) che caratterizzano i corsi d'acqua della regione del Mediterraneo, una zona già particolarmente vulnerabile alle variazioni climatiche e alla ridotta disponibilità di acqua (Giorgi e Lionello, 2008). I modelli climatici prevedono per tali aree variazioni interannuali più pronunciate in estate ed eventi più frequenti di temperature particolarmente elevate (Almodovar *et al.*, 2012). Le implicazioni biologiche, oltre a cambiamenti di tipo fisiologico (Bellard *et al.*, 2012), includono lo spostamento verso monte dell'habitat termico per molte specie e la riduzione dell'habitat fisico causato dalla diminuzione estiva delle portate (Isaac *et al.*, 2012): è presumibile che i cambiamenti climatici aggravino le restrizioni ambientali soprattutto nelle specie che vivono ai limiti del proprio areale (Almodovar *et al.*, 2012), nelle popolazioni frammentate e in quelle circoscritte a rifugi limitati (Isaac *et al.*, 2012). Esiste, quindi, un urgente bisogno di migliorare la nostra comprensione degli effetti che i cambiamenti climatici potranno avere sulla componente ittica in questi ambienti caratterizzati da tale elevata specificità.

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEI FIUMI DELL'APPENNINO CENTRO-MERIDIONALE

I corsi d'acqua appenninici sono generalmente caratterizzati da regimi idrologici fortemente dipendenti dalle precipitazioni atmosferiche, contraddistinti dalla presenza di piene anche di notevole entità massimamente concentrate in autunno-inverno, alle quali si contrappongono portate estive molto scarse o addirittura nulle. Ciò in relazione al clima e alla natura geologica dell'area che è caratterizzata principalmente da rocce a bassa permeabilità, nelle quali la trasformazione delle precipitazioni in deflusso è piuttosto rapida (Cambi *et al.*, 2003). Si scostano da questo schema alcuni fiumi (es. Aterno-Pescara, Sele, Volturno, Liri-Garigliano, Velino, Nera, Clitunno) i cui bacini imbriferi, essendo costituiti da litologie carbonatiche a elevata permeabilità, garantiscono un'alimentazione sorgiva più regolare e costante.

La forte dipendenza della portata dalle precipitazioni e i bacini imbriferi di limitate dimensioni rendono i corsi d'acqua appenninici particolarmente vulnerabili alle alterazioni del regime climatico, con dirette ripercussioni sulla loro idrologia e sulle caratteristiche termiche e chimiche delle acque, già compromesse dalle pratiche di sfruttamento della risorsa idrica e dai fenomeni di inquinamento. La tendenza alla diminuzione delle precipitazioni e l'aumento della temperatura media previste dai modelli climatici per l'Italia centro-

meridionale deve essere ragionevolmente correlata ad una diminuzione delle piogge efficaci e, pertanto, alla portata media dei sistemi idrici superficiali e sotterranei (Cambi e Dragoni, 2000; Cambi *et al.*, 2003). L'analisi dei dati di portata di alcuni sistemi idrogeologici dell'Italia centrale mostra una chiara tendenza negativa, anche se non è sempre facile definire in quale proporzione tale trend sia da mettere in relazione ai cambiamenti climatici o al sovra-sfruttamento antropico della risorsa (Pavanelli, 2011). La stessa tendenza è stata tuttavia osservata nelle ultime decadi anche in sorgenti collocate in aree montane che possono essere considerate non influenzate dalle attività umane (Cambi e Dragoni, 2000). È stata prevista l'esacerbazione delle caratteristiche torrentizie per i corsi d'acqua appenninici con un'intensificazione dei fenomeni estremi e, in estate, una riduzione della portata, un aumento della temperatura dell'acqua, una riduzione della velocità di corrente, una diminuzione della concentrazione di ossigeno e un maggior degrado della qualità dell'acqua, conseguente alla minore diluizione dei carichi inquinanti.

CARATTERISTICHE ITTIOFAUNISTICHE DEI FIUMI DELL'APPENNINO CENTRO-MERIDIONALE

Dal punto di vista faunistico i corsi d'acqua appenninici sono particolarmente ricchi di endemismi, molti dei quali considerati a rischio di estinzione dall'Unione Internazionale della Conservazione della Natura (IUCN, 2012). In Italia i pesci ossei presentano la percentuale più alta di specie a rischio di estinzione fra tutte le classi di vertebrati: il 48% contro il 28% del totale dei vertebrati (Rondinini *et al.*, 2013).

Sempre per quanto riguarda la fauna ittica, gli opposti versanti dell'Appennino centrale ospitano complessi faunistici parzialmente diversificati fra loro (Bianco, 1993; Zerunian, 2002): i bacini della parte meridionale del versante adriatico e tutti quelli tirrenici appartengono al distretto ittico-faunistico Italico-Peninsulare, mentre le Marche costituiscono la parte più a sud del distretto Padano-Veneto (Fig. 1). La zona tirrenica di Umbria, Toscana e Lazio (distretto Tosco-Laziale) (Bianco, 1987) può essere considerata una parte del distretto Italico-Peninsulare particolarmente ricca di endemismi a limitata distribuzione (Kottelat e Freyhof, 2007). Inoltre, alcune specie ittiche, come ad esempio *Scardinius scardafa* (Bonaparte, 1837) e *Cobitis zandreae* Cavicchioli, 1965, sono ancora poco note e le conoscenze su tali *taxa* andrebbero sicuramente approfondite (Zerunian, 2013).

L'importanza che dal punto di vista della conservazione rivestono i corsi d'acqua appenninici può essere desunta dai grafici delle figure 2 e 3, che riportano la

ripartizione percentuale nelle categorie di rischio di Osteitti e Agnati autoctoni dell'Umbria e delle Marche secondo quanto indicato nella Lista Rossa dei vertebrati italiani (Rondinini *et al.*, 2013); la composizione faunistica delle due regioni è stata tratta dai dati delle relative Carte Ittiche (Lorenzoni *et al.*, 2010; Lorenzoni e Esposito, 2011). In Umbria le specie che rientrano nelle categorie a maggior rischio di estinzione (vulnerabili VU, in pericolo EN e in pericolo critico CR)



Fig. 1. Distretti ittiogeografici italiani.

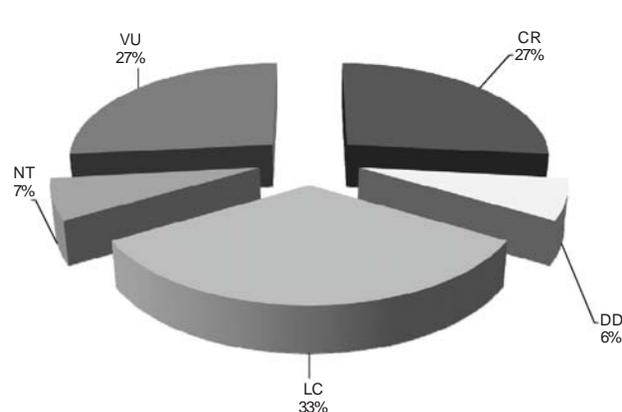


Fig. 2. Ripartizione percentuale nelle categorie di rischio di estinzione di Osteitti e Agnati autoctoni dell'Umbria (CR: Critically Endangered; VU: Vulnerable; NT: Near Threatened; LC: Least Concern; DD: Data Deficient).

assommano al 54% del totale, delle quali il 27% risultano in pericolo critico (Fig. 2), valori che nelle Marche sono pari rispettivamente al 51% e al 17% (Fig. 3).

Fra le specie considerate a rischio critico di estinzione bisogna annoverare la trota fario di ceppo mediterraneo, presente in Appennino con alcune popolazioni residue che popolano soprattutto i corsi d'acqua sui substrati geologici calcarei (Splendiani *et al.*, 2013), altamente permeabili e in grado di attivare una ricca e costante circolazione idrica sotterranea. I salmonidi mostrano in Italia un elevato grado di differenziazione genetica (Caputo *et al.*, 2004; Splendiani *et al.*, 2006) e le caratteristiche di molte popolazioni, soprattutto della parte meridionale della penisola, sono ancora poco studiate (Zanetti, 2013). Tali popolazioni, già minacciate dall'introggressione con trote di ceppo atlantico utilizzate nei ripopolamenti, risultano a rischio anche a causa dell'elevata frammentazione che le caratterizza (Splendiani *et al.*, 2013): la ridotta possibilità di scambio degli individui fra i vari demi tramite immigrazione ed emigrazione, aumenta infatti le probabilità di estinzione locale.

L'Italia centrale rappresenta l'estremo limite meridionale dell'areale dello scazone *Cottus gobio* Linnaeus, 1758 (Kottelat e Freyhof, 2007), che è presente con un limitato numero di nuclei isolati fra di loro e caratterizzati da densità poco elevate (Lorenzoni e Esposito, 2011).

Le biocenosi dei corsi d'acqua presenti su substrati sedimentari, altamente impermeabili, e i tratti collinari dei fiumi appenninici sono composte soprattutto da ciprinidi reofili tipici della zona del barbo, quali *Barbus tyberinus* Bonaparte, 1839, *Squalius squalus* (Bonaparte, 1837), *Rutilus rubilio* (Bonaparte, 1837), *Telestes muticellus* (Bonaparte, 1837); essi rappresentano le specie tipiche che popolano tali settori fluviali nel

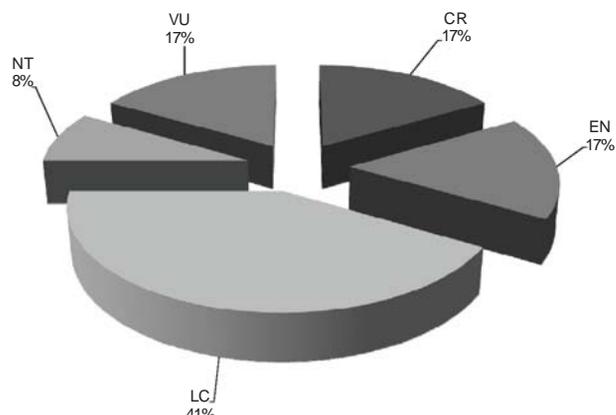


Fig. 3. Ripartizione percentuale nelle categorie di rischio di estinzione di Osteitti e Agnati autoctoni delle Marche (CR: Critically Endangered; VU: Vulnerable; NT: Near Threatened; LC: Least Concern; DD: Data Deficient).

distretto Italice-Peninsulare, alle quali si aggiungono *Squalius lucumonis* (Bianco, 1985) e il gobide *Pado-gobius nigricans* (Canestrini, 1867), nella parte tirrenica di Umbria, Toscana e Lazio e *Alburnus albidus* (Costa, 1838), unico endemismo dell'Italia meridionale, nell'area compresa tra il fiume Volturno e l'Alento, nel versante tirrenico, e dal fiume Trigno sino al Basento, all'Agri e al Sinni. Tali specie sono euriterme e in genere ben adattate alle condizioni di estrema variabilità che caratterizza gli ambienti appenninici: è stato osservato, ad esempio, che le strategie riproduttive e altre caratteristiche biologiche delle popolazioni di alcune specie ittiche dei corsi d'acqua appenninici, quali ad esempio il cavedano (*S. squalus*), risultano tali da privilegiare il massimo investimento riproduttivo, adattamento che può risultare particolarmente vantaggioso in condizioni ambientali in cui prevalgono i fattori di mortalità densità-indipendenti (Lorenzoni *et al.*, 2011; Pompei *et al.*, 2011).

CONSEGUENZE DIRETTE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

I cambiamenti climatici stanno già modificando la distribuzione e l'abbondanza di molte specie particolarmente sensibili alle variazioni di temperatura (Root *et al.*, 2003). In Spagna le catture di trota fario da parte dei pescatori sportivi sono diminuite del 20% annuo dal 1992 al 2003 e questa riduzione è stata messa in relazione alle modifiche dei fattori climatici (Almodovar *et al.*, 2012); analoghi andamenti nel pescato sono stati osservati in Galles (Clews *et al.*, 2010) e in Svizzera (Hari *et al.*, 2006).

Come risposta più immediata ai cambiamenti ambientali, le specie possono monitorare le condizioni più appropriate e inseguirle nello spazio (Bellard *et al.*, 2012). Nelle specie con elevate capacità di dispersione, come la maggior parte dei pesci, una delle risposte più spesso documentate è data dallo spostamento longitudinale dei singoli individui. La dispersione, tuttavia, nei corsi d'acqua avviene con modalità peculiari rispetto ad ambienti diversi: i movimenti avvengono privilegiando l'asse longitudinale data l'esistenza di un gradiente monte-valle che organizza e struttura fortemente le comunità lungo questa dimensione (Huet, 1962; Minshall *et al.*, 1985). Nelle specie ittiche primarie (Myers, 1949) e primario-simili per le quali il mare rappresenta una barriera, gli spostamenti longitudinali sono inoltre limitati all'interno dello stesso bacino imbrifero.

Lo spostamento verso monte in seguito all'innalzamento termico conseguente ai cambiamenti climatici, può essere però ostacolato dall'assenza delle idonee condizioni ambientali: in Spagna alcune proiezioni sulla perdita di habitat idoneo dal punto di vista termico per

la trota fario *Salmo trutta* Linnaeus, 1758, prevedono che la metà di quello attualmente presente sarà perso entro il 2040, mentre nel 2100 la specie sarà estinta (Almodovar *et al.*, 2012). Contemporaneamente aumenterà l'abbondanza delle specie ittiche più tolleranti nei confronti della temperatura, come i ciprinidi, nei settori fluviali attualmente popolati dalla trota fario (Almodovar *et al.*, 2012).

I cambiamenti spaziali nella distribuzione della fauna ittica come risposta ai cambiamenti climatici non sono comunque esclusivamente limitati a quelli longitudinali: sono rilevanti anche i mutamenti nelle preferenze di habitat a livello locale o di micro-habitat (Bellard *et al.*, 2012). In tutti i casi gli individui modificano la propria distribuzione per cercare di rimanere in equilibrio con le condizioni climatiche alle quali sono adattati, ma per far ciò talvolta devono essere in grado di rispondere alla presenza di altre variazioni ambientali che caratterizzano gli habitat di nuova colonizzazione o a prepararsi a nuove interazioni biotiche (Visser, 2008).

IMPATTI INDIRETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FAUNA ITTICA

L'inseguimento delle condizioni ottimali da parte degli organismi acquatici in un ambiente sottoposto a un progressivo riscaldamento può essere fortemente ostacolato dalla presenza di manufatti (briglie, traverse, dighe, ecc.) che frammentano la continuità fluviale, moltiplicando le probabilità di estinzione delle popolazioni delle specie più vulnerabili.

Le conseguenze dei cambiamenti climatici sulla fauna ittica sono sicuramente più gravi, in quanto si sommano alla presenza di altri impatti antropici. Gli effetti di una più prolungata fase di siccità estiva e la diminuita disponibilità di acqua (Giorgi e Lionello, 2008) saranno fortemente esasperati dalla mancata applicazione delle norme in materia di Deflusso Minimo Vitale (DMV), che sembra ancora caratterizzare gran parte del territorio italiano. Un confronto effettuato fra le portate di DMV calcolate con il metodo previsto dal Piano di Tutela Regionale dell'Umbria e le portate reali del reticolo del fiume Tevere in Provincia di Terni (dati non pubblicati) desunte dalla Carta Ittica regionale dell'Umbria (Lorenzoni *et al.*, 2010) ha permesso di rilevare come i casi di mancato rispetto del DMV fossero molto numerosi e pari al 77,50% del totale (31 corsi d'acqua su 40 analizzati). Queste prime osservazioni fanno emergere l'esigenza di procedere a una più ampia e periodica campagna di misurazione delle portate per valutare la reale rilevanza del problema che comunque, dai risultati di questa analisi preliminare, appare particolarmente grave ed esteso soprattutto nei corsi d'acqua secondari.

Le conseguenze dei cambiamenti climatici possono

sovrapporsi nei corsi d'acqua appenninici a un'ulteriore causa di degrado ambientale: l'introduzione delle specie alloctone, che può essere considerata come la maggiore minaccia per la biodiversità unitamente alle alterazioni degli habitat (Mach *et al.*, 2000; Byers *et al.*, 2002). Alcune ricerche condotte nel bacino del fiume Tevere hanno dimostrato che il livello di alterazione delle biocenosi ittiche native è, infatti, fortemente legato al gradiente longitudinale (Lorenzoni *et al.*, 2006). I tratti di pianura dei corsi d'acqua sono quelli che risultano più compromessi dall'azione congiunta di inquinamento e presenza di specie esotiche, che raggiungono qui la loro massima concentrazione. I corsi d'acqua più piccoli della parte montana e collinare del bacino costituiscono invece delle zone rifugio per la fauna autoctona e svolgono un ruolo fondamentale nella conservazione della biodiversità nativa, che spesso risulta scomparsa altrove. Questi settori fluviali sono costituiti da corsi d'acqua piccoli e medi nei quali il degrado ambientale è molto limitato e in cui la comunità ittica mantiene ancora le proprie caratteristiche originarie. La variabilità ambientale che caratterizza i corsi d'acqua appenninici, a regime idrologico fortemente dipendente dalle precipitazioni, può essere esaltata dai cambiamenti climatici e dalla presenza di un eccesso di prelievo idrico, tanto da rendere proibitive le condizioni ambientali in quello che rappresenta uno degli ultimi rifugi per la fauna ittica autoctona. Nel corso degli aggiornamenti della Carta Ittica del bacino del fiume Nestore è stata rilevata la totale assenza del ghiozzo di ruscello (*P. nigricans*) che nei precedenti monitoraggi era risultato presente nel 47% dei siti indagati (Lorenzoni *et al.*, 2013): la scomparsa del ghiozzo di ruscello deve essere imputata agli effetti delle captazioni idriche e dell'eccezionale periodo di siccità che ha comportato la completa assenza di acqua nei tratti fluviali più a monte e all'azione congiunta di inquinamento e presenza delle specie alloctone nei tratti fluviali più a valle (Lorenzoni *et al.*, 2013).

Un aspetto più specifico e generalmente poco noto della relazione complessa che può esistere fra conservazione della fauna ittica autoctona, introduzione di specie alloctone e cambiamenti climatici emerge da una recente ricerca di Splendiani *et al.* (2013): è stato evidenziato che nelle popolazioni autoctone di trota fario il livello di introgressione, dovuto all'ibridazione con trote di ceppo atlantico introdotte con i ripopolamenti, è da mettersi in relazione con la natura del substrato geologico e la variabilità delle portate. I corsi d'acqua aventi condizioni ecologiche più stabili, garantite da portate costanti su substrati calcarei, sono caratterizzati dalla presenza di popolazioni di trota con caratteristiche genetiche poco o nulla alterate da fenomeni di introgressione, al contrario dei corsi d'acqua

aventi regimi idrologici fortemente variabili (Splendiani *et al.*, 2013).

Anche la realizzazione di nuovi invasi, che molto probabilmente rappresenta una delle soluzioni più immediate per risolvere il problema della ridotta disponibilità idrica delle regioni centro-meridionali, pone alcune criticità: una diga, oltre a rappresentare una barriera agli spostamenti longitudinali della fauna ittica, costituisce anche un serbatoio dal quale molte specie esotiche, generalmente limnofile, possono diffondere negli adiacenti tratti fluviali (Lorenzoni *et al.*, 2010; Godinho e Ferreira, 2000; Glowacki e Penczak, 2013). Recenti indagini condotte sul Tevere hanno inoltre dimostrato come le caratteristiche delle acque ipolimniche restituite al fiume dall'invaso di Montedoglio siano in grado di alterare profondamente la composizione della comunità biotica per molti chilometri a valle (Franchi *et al.*, 2014). Da non sottovalutare sono anche i rischi che possono insorgere da una regimazione idraulica che annulli le naturali variazioni intra e inter-annuali delle portate, che è stato dimostrato risultano fondamentali nel sostenere la biodiversità nativa e sviluppare il potenziale evolutivo degli organismi presenti negli ambienti acquatici (Poff e Zimmerman, 2010; Baumgartner *et al.*, 2013).

CONCLUSIONI

Le conoscenze sulle caratteristiche della fauna ittica dell'Italia centro-meridionale sono ancora molto limitate e, se si vuole migliorare il grado di comprensione delle conseguenze indotte dai cambiamenti climatici nei sistemi lotici, occorre quanto prima colmare queste lacune. In Italia i pesci ossei presentano la percentuale più alta di specie a rischio di estinzione fra tutte le classi di vertebrati (Rondinini *et al.*, 2013) e ciò li rende particolarmente degni di attenzione nei programmi di conservazione. I corsi d'acqua appenninici risultano fondamentali per la conservazione della biodiversità ittica in Italia a causa della presenza di un numero molto elevato di specie endemiche che si caratterizzano anche per possedere areali particolarmente ristretti (Kottelat e Freyhof, 2007) e in alcuni casi frammentati (Splendiani *et al.*, 2013).

Il monitoraggio biologico, unitamente alla realizzazione di una rete per la raccolta dei dati di temperatura e portata, costituisce una priorità per gli anni futuri, in quanto è fondamentale seguire il modo in cui le popolazioni ittiche si adatteranno ai cambiamenti delle condizioni ambientali nel medio-lungo periodo (Isaac *et al.*, 2012). I pesci offrono anche il vantaggio di poter essere monitorati abbastanza agevolmente e di rappresentare degli indicatori in grado di fornire delle informazioni precise sullo stato di salute di un ecosistema in modo facilmente utilizzabile anche in un

contesto sociale (Baumgartner *et al.*, 2013). La presenza di altri fattori di impatto antropico, oltre ai cambiamenti climatici, può inoltre indurre conseguenze negative sulla fauna ittica in modo difficilmente prevedibile. L'adozione di politiche di razionalizzazione delle risorse idriche, il rispetto delle normative in materia di deflusso minimo vitale, la riduzione dell'inquinamento, il ripristino della continuità fluviale, il controllo delle specie esotiche invasive e l'abbandono delle pratiche di ripopolamento con esemplari di trota fario di ceppo non autoctono rappresentano alcune delle altre azioni necessarie per tentare di

mitigare gli effetti del cambiamento climatico sulla fauna ittica italiana.

La necessità di adottare tali politiche di intervento è anche indispensabile per perseguire gli obiettivi della Water Framework Directive 2000/60/CE, rappresentati per i corsi d'acqua europei dal conseguimento entro il 2015 di uno *status* ecologico almeno "buono". Nell'ambito delle politiche comunitarie il superamento del concetto di DMV e la sua sostituzione con quello di deflusso ecologico costituisce anche una delle azioni chiave fondamentali per il raggiungimento di tali obiettivi.

BIBLIOGRAFIA

- Almodovar A., Nicola G.G., Ayllon D., Elvira B., 2012. Global warming threatens the persistence of Mediterranean brown trout. *Global Change Biology*, **18**: 1549-1560.
- Baumgartner L.J., Conallin J., Wooden I., Campbell B., Gee R., Robinson W.A., Mullen-Cooper M., 2013. Using flow guilds of freshwater fish in an adaptive management framework to simplify environmental flow delivery for semi-arid riverine systems. *Fish and Fisheries* (online version), 1-18.
- Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W., Courchamp F., 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, **12**: 365-377.
- Bianco P.G., 1987. Inquadramento zoogeografico dei pesci d'acqua dolce d'Italia e problemi determinati dalle falsificazioni faunistiche. II Congresso Nazionale A.I.I.A.D. "Biologia e Gestione dell'Ittiofauna Autoctona", Torino, 5-6 Giugno 1987. Ed. Regione Piemonte: 41-65.
- Bianco P.G., 1993. L'ittiofauna continentale dell'Appennino umbro-marchigiano, barriera semipermeabile allo scambio di componenti primarie tra gli opposti versanti dell'Italia centrale. *Biogeographia*, **17**: 427-485.
- Byers J.E., Reichard S., Randall J.M., Parker I.M., Smith C.S., Lonsdale W.M., Atkinson I.A.E., Seastedt T.R., Williamson M., Chornesky E., Hayes D., 2002. Directing research to reduce the impacts of non indigenous species. *Conservation Biology*, **16**: 630-640.
- Cambi C., Dragoni W., 2000. Groundwater yield, climatic changes and recharge variability: considerations arising from the modelling of a spring in the Umbria-Marche Apennines. *Hydrogéologie*, **4**: 11-25.
- Cambi C., Dragoni W., Valigi D., 2003. Water management in low permeability catchments and in times of climatic change: the case of the Nestore River (Western Central Italy). *Physics and Chemistry of the Earth*, **28**: 201-208.
- Caputo V., Giovannotti M., Nisi Cerioni P., Caniglia M.L., Splendiani A., 2004. Genetic diversity of brown trout in central Italy. *Journal of Fish Biology*, **65**: 403-418.
- Clews E., Durance I., Vaughan I.P., Ormerod S.J., 2010. Juvenile salmonid populations in a temperate river system track synoptic trends in climate. *Global Change Biology*, **16**: 3271-3283.
- Franchi E., Carosi A., Ghetti L., Giannetto D., La Porta G., Pompei L., Pedicillo G., Lorenzoni M., 2014. Assessing the influence of the Montedoglio Reservoir on fish fauna in the upper Tiber (Italy). *Journal of Limnology*, **73** (2): 1-15.
- Giorgi F., Lionello P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, **63**: 90-104.
- Glowacki L.B., Penczak T., 2013. Drivers of fish diversity, homogenization/differentiation and species range expansions at the watershed scale. *Diversity and Distributions*, **19**: 907-918.
- Godinho F.N., Ferreira M.T., 2000. Composition of endemic fish assemblages in relation to exotic species and river regulation in a temperate stream. *Biological Invasions*, **2**: 231-244.
- Hari R.E., Livingstone D.M., Siber R., Burkhardt-Holm P., Guttinger H., 2006. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology*, **12**: 10-26.
- Huet M., 1962. Influence du courant sur la distribution des poissons dans les eaux courantes. *Revue Suisse d'Hydrologie*, **24**: 412-431.
- Isaac D.J., Muhlfeld C.C., Todd A.S., Al-Chokhachy R., Roberts J., Kershner J.L., Fausch K.D., Hostetler S.W., 2012. The past as prelude to the future for understanding 21st century climate effects on rocky mountain trout. *Fisheries*, **37** (12): 542-557.

- IUCN, 2012. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. <http://www.iucnredlist.org>.
- Kottelat, M., Freyhof, J., 2007. *Handbook of European Freshwater Fishes*. Cornol Switzerland, 646 pp.
- Lorenzoni M., Carosi A., Pedicillo G., Pompei L., Rocchini M., 2011. Reproductive properties of the chub *Squalius squalus* (Bonaparte, 1837) in the Assino Creek (Umbria, Italy). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **403**: 1-10.
- Lorenzoni M., Esposito L., 2011. *La Carta Ittica delle Marche*. Regione Marche, Assessorato Caccia e Pesca Sportiva, Ancona.
- Lorenzoni M., Franchi E., Giannetto D., La Porta G., Pedicillo G., Pompei L., Carosi A., Tardiolo D., Viali P., Ghetti L., Sargenti P., Dolciami R., Natali M., Barbagianni N., Bartoli D., Belardinelli S., Bibi E., Bocale M.C., Bulletti M., Burchia A., Cassieri S., Ciccarelli E., Colabrese D., Lancioni T., Possanzini F., Pugliese A., Quondam S., Ravastini G., Romagnoli M., Rocchi F., Tozzi G., 2013. *La Carta ittica della Regione Umbria: bacino del fiume Nestore, bacini dei fiumi Paglia-Chiani*. Regione dell'Umbria, Perugia, 359 pp.
- Lorenzoni M., Ghetti L., Carosi A., Dolciami R., 2010. *La fauna ittica e i corsi d'acqua dell'Umbria. Sintesi delle carte ittiche regionali dal 1986 al 2009*. Petrucci Editore, Perugia, 288 pp.
- Lorenzoni M., Mearelli M., Ghetti L., 2006. Native and exotic fish species in the Tiber river watershed (Umbria – Italy) and their relationship to the longitudinal gradient. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, **382**: 19-44.
- Mach R.N., Simberloff C.D., Lonsdale W.M., Evans H., Clout M. e Bazzaz F., 2000. Biotic invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences and Control. *Issues in Ecology*, **5**: 1-24.
- Minshall G.W., Cummins K.W., Petersen R.C., Cushing C.E., Bruns D.A., Sedell J.R., Vannote R.L., 1985. Developments in stream ecosystem theory. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**: 1045-1055.
- Myers G.S., 1949. Salt tolerance of freshwater fish groups in relation to zoogeographical problems. *Bijdragen tot de Dierkunde*, **28**: 315-322.
- Pavanelli D., 2011. Studio del deflusso liquido e solido del fiume Reno durante gli ultimi 80 anni, tra il cambiamento climatico e l'impatto antropico. *Convegno di Medio Termine dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria*, Belgirate 22-24 Settembre 2011: 1-6.
- Pereira H.M., Leadley P.W., Proença V., Alkemade R., Scharlemann J.P.W., Fernandez-Manjarrés J.F., Araújo M.B., Balvanera P., Biggs R., Cheung W.W.L., Chini L., Cooper H.D., Gilman E.L., Guénette S., Hurtt G.C., Huntington H.P., Mace G.M., Oberdorff T., Revenga C., Rodrigues P., Scholes R.J., Sumaila U.R., Walpole M., 2010. Scenarios for Global Biodiversity in the 21st Century. *Science*, **330**: 1496-1501.
- Poff N.L., Zimmerman J.K.H., 2010. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, **55**: 194-205.
- Pompei L., Carosi A., Pedicillo G., Rocchini E., Lorenzoni M., 2011. Age and growth analysis of the chub, *Squalius squalus* (Bonaparte, 1837), in the Assino Creek (Umbria, Italy). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **400**: 1-11.
- Rondinini C., Battistoni A., Peronace V., Teofili C., 2013. *Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani*. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.
- Root T.L., Price J.T., Hall K.R., Schneider S.H., Rosenzweig C., Pounds J.A., 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, **421**: 57-60.
- Splendiani A., Ruggeri P., Giovannotti M., Caputo Barucchi V., 2013. Role of environmental factors in the spread of domestic trout in Mediterranean streams. *Freshwater Biology* **58**: 2089-2101.
- Splendiani A., Giovannotti M., Nisi Cerioni P., Caniglia M.L., Caputo V., 2006. Phylogeographic inferences on the native brown trout mtDNA variation in central Italy. *Italian Journal of Zoology*, **73** (2): 179-189.
- Visser M.E., 2008. Keeping up with a warming world; assessing the rate of adaptation to climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **275**: 649-659.
- Zanetti M., 2013. Gruppo di lavoro salmonidi. *Documento finale*. Associazione Italiana Ittiologi d'Acqua Dolce.
- Zerunian S., 2013. Lista Rossa dei Vertebrati Italiani: considerazioni critiche relative ai Pesci d'acqua dolce. *Biologia Ambientale*, **27** (2): 78-85.
- Zerunian S., 2002. *Condannati all'estinzione? Biodiversità, biologia, minacce e strategie di conservazione dei Pesci d'acqua dolce indigeni in Italia*. Edagricole, Bologna, 10, 220 pp.

La pubblicazione di questo articolo (qui in anteprima, con numerazione delle pagine provvisoria) è prevista nel n. 2/2014 di *Biologia Ambientale*, la rivista del Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale (CISBA). La rivista non è distribuita in abbonamento, ma è inviata ai soli soci. Per iscriverti o per informazioni contatta il segretario del CISBA, Roberto Spaggiari (334 9262826; info@cisba.eu) o visita il sito www.cisba.eu